

Resumen

Este proyecto se realiza con la intención de modificar la situación actual de movilidad privada en la ciudad de Barcelona ya que, actualmente un porcentaje muy elevado de los desplazamientos se realizan con vehículos de combustión interna, que son generadores de contaminación aérea y acústica, perjudicando la salud de los ciudadanos además de provocar otros problemas como la congestión del tráfico en horas punta, problemas de aparcamiento en zonas céntricas de la ciudad, etc.

El objetivo es analizar la eficiencia y rentabilidad de otros tipos de sistemas de propulsión más limpios con el medio ambiente y ver la infraestructura necesaria. Entre ellos se analizan los biocombustibles, vehículos propulsados por hidrógeno, vehículos híbridos, vehículos híbridos enchufables y los vehículos eléctricos. Entre todos ellos se demuestra por medio de unos cálculos técnicos, que los vehículos con mayor viabilidad en la actualidad son los eléctricos.

Una vez llegada a esta primera conclusión, se investiga las normativas e iniciativas que hay para impulsar el vehículo eléctrico en España, las arquitecturas de vehículos eléctricos, los tipos y características de las baterías y las recargas eléctricas y finalmente la eficiencia energética y contaminación de este tipo de vehículos.

Con el fin de proponer un modelo de negocio para la implantación en la ciudad de Barcelona sobre el alquiler de vehículos eléctricos, al estilo del conocido y exitoso bicimg, se analizan otras grandes ciudades que ya disponen de un modelo de negocio gestionado y explotado por entidades público/privadas, para conocer el tipo y situación de sus infraestructuras, los servicios que ofrecen y a que costes, el sistema de gestión y control, que vehículos disponen, como es la atención con el usuario, etc.

Finalmente una vez analizadas las diferentes ciudades del mundo se extraen y detallan las características positivas de cada una de ellas, con el fin de aplicarlas a la ciudad de Barcelona y poder montar un modelo de negocio público de alquiler de vehículos eléctricos viable y minimizar los futuros problemas que pudieran aparecer gracias a la experiencia durante varios años de otras ciudades.

Gracias a la implantación de una flota de vehículos eléctricos de alquiler se podría evitar o minimizar los efectos negativos de la utilización de vehículos de combustión interna dentro de la ciudad de Barcelona y mejorar la salud de todos los barceloneses.

Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Objetivos del proyecto.....	7
1.2. Alcance del proyecto.....	7
2. ESTADO DEL ARTE	9
3. TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS EN LOS AUTOMÓVILES	13
3.1. Combustibles fósiles	14
3.1.1. Vehículos de gasolina.....	16
3.1.2. Vehículos diesel.....	19
3.1.3. Vehículos GNC	20
3.1.4. Vehículos GLP.....	23
3.2. Biocombustibles	24
3.2.1. Bioetanol.....	25
3.2.2. Biodiésel	27
3.3. Pila de combustible	28
3.3.1. Propiedades del Hidrógeno	29
3.4. Vehículos Híbridos	30
3.4.1. En serie (EREV)	32
3.4.2. En paralelo (HEV)	34
3.4.3. Combinado (PHEV)	36
3.5. Vehículos eléctricos puros (BEV)	37
3.5.1. Eficiencia Energética y contaminación	38
3.6. ¿Cuál es la mejor energía alternativa?	40
4. VEHÍCULO ELÉCTRICO	43
4.1. Historia	43
4.2. Baterías	46
4.3. Tipos de recarga	47
4.4. Conectores	48
4.5. Modos de carga	54
4.6. Infraestructura y normativa	57
4.7. Incentivos para impulsar el VE	58

5. MODELOS DE NEGOCIO E INFRAESTRUCTURAS EXISTENTES SOBRE EL VE _____ 63

5.1. En España	63
5.1.1. Madrid.....	63
5.1.2. Barcelona.....	65
5.2. En Europa.....	68
5.2.1. París (Francia)	68
5.2.2. Ámsterdam (Países Bajos)	71
5.2.3. Brabantstad (Países Bajos)	74
5.2.4. Berlín (Alemania)	75
5.2.5. Hamburgo (Alemania)	78
5.2.6. Estocolmo (Suecia).....	79
5.2.7. Helsinki (Finlandia)	82
5.2.8. North East (Inglaterra, Reino Unido)	84
5.2.9. Londres (Inglaterra, Reino Unido)	87
5.2.10. Oslo (Noruega)	90
5.3. En el resto del mundo.....	92
5.3.1. Islas Goto (Japón)	92
5.3.2. Shanghái (China).....	94
5.3.3. New York City (New York, USA).....	96
5.3.4. Los Ángeles (California, USA)	99
5.3.5. Portland (Oregón, USA)	101

6. MODELO DE NEGOCIO PARA LA CIUDAD DE BARCELONA _____ 105

6.1. Identificación del negocio	105
6.2. Análisis de mercado	106
6.3. Perfil clientes.....	108
6.4. Infraestructuras.....	109
6.4.1. Puntos de recarga y VE.....	109
6.4.2. Localización puntos de recarga	112
6.5. Funcionamiento y servicios	113
6.5.1. Mantenimiento	114
6.5.2. Control	114
6.5.3. Gestión	114
6.5.4. Comunicación.....	115
6.5.5. Atención al cliente.....	116
6.5.6. Marketing.....	116
6.6. Estudio económico	116
6.7. Razones que favorecen el proyecto.....	118

6.8. Condicionantes	118
6.8.1. Normativa	118
6.8.2. Evolución tecnológica	118
6.8.3. Competitividad con otras tecnologías	119
6.8.4. Situación económica actual	119
6.9. Efectos inducidos	119
6.9.1. Sobre la movilidad en Barcelona	119
6.9.2. Sobre el sistema energético	119
6.9.3. Sobre el medio ambiente y la salud	120
7. PRESUPUESTO	121
CONCLUSIONES	123
AGRADECIMIENTOS	125
BIBLIOGRAFÍA	127
Referencias bibliográficas	127

1. Introducción

1.1. Objetivos del proyecto

En la actualidad los países tienen una gran demanda y dependencia de las energías fósiles como combustible para generar energía eléctrica o para utilizar en el sector del transporte.

Visto el encarecimiento creciente del petróleo en los últimos 20 años y la disminución de las reservas a nivel mundial, los países han de tomar medidas para cambiar el modelo energético actual. Este se basa en reducir el consumo de energías fósiles y potenciar las energías renovables, que proporcionan energía eléctrica sin emitir elementos contaminantes a la atmosfera y nocivos para el ser humano.

El objetivo de este proyecto se centra en analizar y prever un modelo de negocio basado en el carsharing o alquiler por minutos de vehículos “cero emisiones”, para implantar en la ciudad de Barcelona y que reduzca el número de vehículos, las emisiones de gases contaminantes y la contaminación acústica.

1.2. Alcance del proyecto

El alcance del proyecto es que en un futuro máximo de 5 años el ayuntamiento de Barcelona cree un modelo de negocio de carsharing con vehículos cero emisiones, que puedan circular por el interior de la ciudad, que se haya instalado la infraestructura necesaria para dar servicio y tener un parque de al menos 400 vehículos eléctricos y más de 100.000 clientes.

2. Estado del arte

Debido a la necesidad actual de reducir el nivel de elementos contaminantes presentes en la atmósfera que están afectando seriamente a la humanidad, causantes de problemas como el efecto invernadero, efectos dañinos en la salud de las personas, variación de los regímenes climatológicos, etc. Por ello surge la necesidad de buscar nuevas soluciones que contribuyan a la mejora de estos problemas sin recurrir a limitaciones en la producción de energía, ya que esto implicaría un retraso tanto en el desarrollo económico, cultural, social y tecnológico.

El interés en buscar otro tipo de energías alternativas va más allá de la reducción de costes, ya que el mayor uso de estas brinda la oportunidad de reducir la dependencia con los combustibles fósiles. Tal y como se observa en la figura 2.1 durante el año 2015 la energía eléctrica obtenida por fuentes no renovables (ciclo combinado, carbón, nuclear cogeneración y resto) en España ha sido del 62,6%. Si contabilizamos únicamente la cantidad de energía eléctrica que se produce por medio de fuentes fósiles vemos que es de un 40,9% y el 59,1% no produce emisiones contaminantes a la atmosfera.

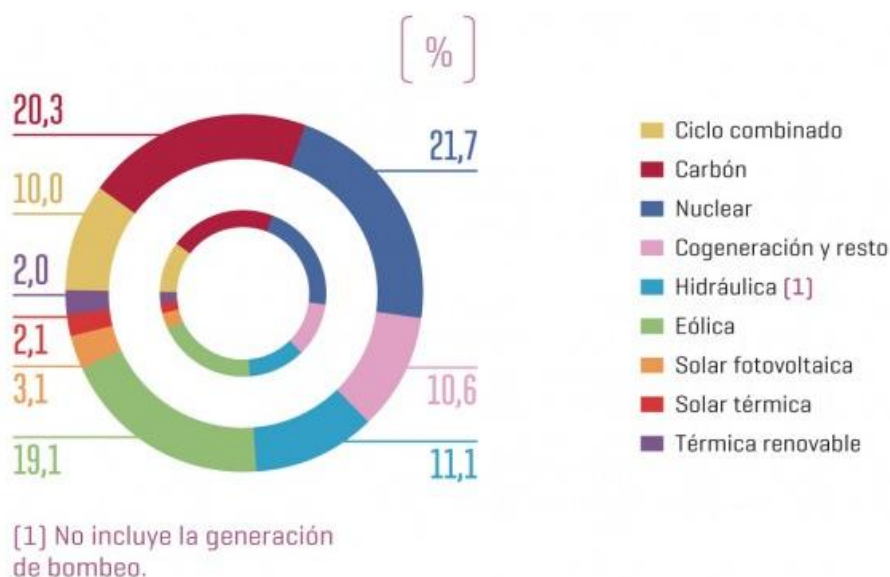


Figura 2.1. Cobertura de la demanda eléctrica el año 2015 [1]

El problema de este porcentaje en la generación de energía eléctrica en base a fuentes fósiles, es la no sostenibilidad en relación al ritmo de crecimiento previsto para el país. Los siguientes motivos clarifican porque no se puede mantener esta política de abastecimiento de energía:

- **Escasez de reservas:** Al tratarse de una fuente no renovable, las reservas de petróleo, gas y carbón son limitadas y se estima que en el caso del petróleo podría tener una duración aproximada de 40 años y de gas alrededor de 65 años.
- **Encarecimiento del precio:** Debido a la ley de la oferta y la demanda, como cada vez hay menos reservas de petróleo, gas y carbón en la tierra, y el consumo de este tipo de energías ha aumentado en etapas de crecimiento económico, los precios se han encarecido de forma muy importante en la última década.

Actualmente debido a la recesión mundial y a nuevas técnicas de extracción del gas y petróleo como es el Fracking, ha aumentado la oferta pero la demanda de petróleo se ha visto reducida por la crisis, lo que ha provocado una disminución de los precios de forma importante durante los años 2014 y 2015. Los expertos opinan que estos precios puede mantenerse durante todo 2016 y en 2017 comenzaría un aumento progresivo de los precios, todo a expensas de la recuperación económica a nivel mundial. A largo plazo a medida que nos aproximemos al fin de las existencias, los precios crecerán de forma exponencial si se mantiene en consumo actual de dichas fuentes de energía. Además de la ley de la oferta y la demanda existe la presión y la influencia de los países miembros de la OPEP (Organización de los Países Exportadores de Petróleo), que aminoran o incrementan la producción de petróleo según les convenga a sus intereses.



Figura 2.2. Evolución del precio de barril de petróleo OPEP [2]

- **Efectos medioambientales:** La combustión de combustibles fósiles produce elementos nocivos para el medioambiente y para la salud humana. En España se han tomado medidas en el sector del transporte, concretamente el Real Decreto 837/2002, transpone la Directiva Europea sobre etiquetado energético (Figura 2.3) y tiene por objeto que se proporcione a los consumidores información relativa al consumo de combustible y a las emisiones de CO₂ de los turismos en territorio español.

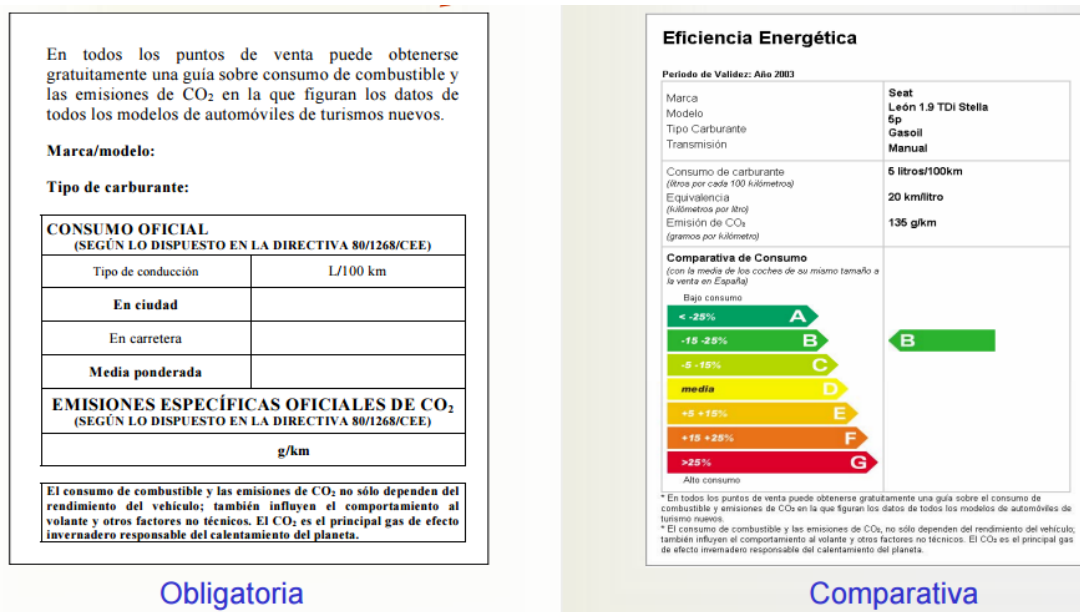


Figura 2.3. Etiquetado obligatorio y etiquetado voluntario de vehículos [3]

Para fomentar la compra de vehículos menos contaminantes el impuesto de matriculación penaliza a aquellos vehículos más contaminantes y exime de él a los que emiten menos de 120 gramos de CO₂ por kilómetro. Aunque es importante reducir la emisión de dióxido de carbono (CO₂), también lo es reducir los monóxidos de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos no quemados (HC), compuestos de plomo, anhídrido sulfuroso y partículas sólidas. Esta contaminación además de contribuir al calentamiento global, provoca problemas en los habitantes de grandes ciudades. También hay que tener en cuenta la contaminación acústica que generan los vehículos principalmente en las grandes ciudades.

En Barcelona se han tomado medidas para reducir las emisiones contaminantes de los vehículos, al instalar en los accesos a la ciudad condal los límites de velocidad variable, que se modifican en función de la climatología, la contaminación y el tráfico. De esta forma lo que se pretende es homogeneizar el flujo del tráfico, evitando paradas y arranques que son factores aceleradores de la emisión de PM10

y de los NOx. En otras grandes ciudades como Madrid, París, Milán... se está restringiendo los accesos cuando hay exceso de contaminación, inicialmente reduciendo las velocidades máximas, posteriormente restringiendo el acceso en función de la matrícula del vehículo y en las situaciones extremas la restricción a la circulación de los vehículos de combustión interna.

En la Unión Europea, los medios de transporte son responsables del 25% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), del 87% de monóxidos de carbono (CO) y del 66% de óxidos de nitrógeno (NO_x). **[4]**

Una vez enumerados los principales inconvenientes de tener una fuerte influencia en la generación de energía eléctrica por medio de combustibles fósiles, como también el tener prácticamente el 100% del parque automovilístico español propulsado por motores que funcionan con combustibles fósiles, se llega a la conclusión de que una buena solución se encuentra en cambiar de base energética utilizando algún combustible alternativo con el cual se puedan eliminar o reducir notablemente las emisiones de contaminantes a la atmósfera, disminuir la contaminación acústica y reducir la dependencia de combustibles fósiles.

Hace muchos años que se viene estudiando diferentes alternativas a los motores de combustión interna, entre los más importantes encontramos los biocombustibles (más ecológicos y que serían más baratos si se extendiera y popularizara su consumo), los vehículos de pila de combustible o hidrógeno que es una fuente de energía prácticamente inagotable y no emite gases contaminantes, los vehículos híbridos (incorporan dos tipos de motores, los más usuales gasolina y eléctrico), los vehículos híbridos enchufables o phve (son parecidos a los híbridos pero con mayor autonomía eléctrica y con la posibilidad de recargarlos en una toma de corriente) o los vehículos eléctricos puros.

De entre todo este tipo de propuestas energéticas se analizarán puntualmente cada una de ellas y se podrá ver las ventajas e inconvenientes que tienen y cuál es la óptima para montar un modelo de negocio en la ciudad de Barcelona consistente en un alquiler público de vehículos limpios con el medio ambiente, que satisfagan las necesidades de los usuarios y sean rentables económicamente.

3. Tecnologías energéticas en los automóviles

Una vez constatada la dependencia actual a las fuentes energéticas primarias, especialmente el petróleo en el sector del transporte y de la repercusión de estos sobre el medio ambiente y los seres humanos, parte de la sociedad, los gobiernos, las instituciones públicas y la comunidad científica han mostrado un interés creciente en la reducción del consumo energético y del impacto ambiental del transporte, dando pie a la investigación de nuevas tecnologías de propulsión y al impulso de carburantes alternativos al petróleo, con menos emisiones contaminantes y mucho más eficientes.

Una presión social por la protección del medio ambiente, una latente crisis energética y la actual crisis económica con una fuerte repercusión en el sector automovilístico, son factores determinantes para que surjan y/o se expandan con mayor velocidad vehículos que utilicen fuentes energéticas más eficientes, económicas y limpias con el medio ambiente, como pueden ser principalmente los biocombustibles, vehículos propulsados por hidrógeno, híbridos y eléctricos. Estos tipos de vehículos comienzan a estar presentes en el mercado español pero con unos porcentajes de ventas bajos, es por ello se están tomando tantas medidas para dar a conocer sus ventajas e impulsar su comercialización por todo en territorio español, la UE y en el resto del mundo.

Desde hace ya unos años se está trabajando en estas posibilidades tecnológicas y las grandes empresas del sector del automóvil tienen sus propios programas de desarrollo en este campo. Iniciativas como las carreras de coches solares (World Solar Challenge), eléctricos (Fórmula E) y de vehículos que economizan combustible van en la dirección que se está tratando en este proyecto.

Nos podemos imaginar que en un periodo de tiempo realmente corto ver estaciones de servicio eléctricas, con generación eléctrica in situ por medio de placas fotovoltaicas o por medio de pequeños aerogeneradores, o para recargar vehículos de hidrógeno.



Figura 3.1. Estación piloto Honda de recarga por energía solar fotovoltaica [5]



Figura 3.2. Primera estación de recarga eólica del mundo en las oficinas centrales de Cespa en Barcelona [6]

3.1. Combustibles fósiles

Conocemos como energía fósil a aquella que procede de la biomasa obtenida hace millones de años, formada naturalmente a través de complejos procesos biogeoquímicos, desarrollados bajo condiciones especiales, hasta la formación de sustancias de gran contenido energético como son el carbón, el petróleo, el gas natural y el gas natural licuado. Los combustibles fósiles no son una fuente de energía renovable.

El origen es muy similar, por ejemplo el carbón se formó a partir de material vegetal (madera, hojas, etc.), el petróleo se formó principalmente de plancton. Frecuentemente con el petróleo se encuentra gas natural, originado durante el mismo proceso en que se generó el primero. Ambos se encuentran acompañados de azufre o derivados de este, ya que se formaron en condiciones anaeróbicas.

Los combustibles fósiles se clasifican según su estado: sólido, líquido o gaseoso. Los combustibles fósiles se pueden considerar como un almacenamiento de un gran potencial energético. Dentro de estos tres estados, los combustibles que más nos interesan para este proyecto los siguientes:

Combustible	Densidad Media	PCI
Gasóleo	850 kg/m ³	42.275 kJ/kg
Gasolina	680 kg/m ³	43.950 kJ/kg
Gas natural	0,78 kg/m ³ (gaseoso)	39.900 kJ/kg
	451 kg/m ³ (líquido)	

Tabla 3.1. Propiedades de los combustibles fósiles más utilizados en el transporte.

La combustión de este tipo de combustibles genera emisiones de gases tales como dióxido de carbono, monóxido de carbono y otros gases que han contribuido y aún contribuyen a generar y potenciar el efecto invernadero, la lluvia ácida, la contaminación del aire, suelo y agua. Los efectos contaminantes no sólo están vinculados a su combustión sino también al transporte (derrames de petróleo) y a los subproductos que originan (hidrocarburos y derivados tóxicos). La situación se agrava cuando se considera la creciente demanda de energía, bienes y servicios, debido al incremento de la población y las pautas de consumo.

Desde finales del siglo XIX hasta la actualidad básicamente los vehículos que se han empleado como medio de transporte utilizaban combustibles fósiles derivados del petróleo, como la gasolina y el gasóleo. Inicialmente los recursos y reservas eran tan grandes como desconocidas que parecían infinitas, por ese motivo y por el bajo nivel de conocimientos sobre motores de combustión, los antiguos vehículos requerían de grandes cantidades de combustible para realizar pequeños trayectos. A medida que se extendía por todo el mundo el automóvil como medio de transporte y aumentaba de forma exponencial en número de unidades vendidas, se iban teniendo más conocimientos sobre los MCI, hasta llegar a la década de finales de los 80, inicio de los 90, cuando se llegó a un punto de consumo tan elevado de petróleo, que las reservas corrían peligro de agotarse en un centenar de años si se seguía con la misma tendencia.

Es a partir de 1990 cuando los vehículos empiezan a incorporar la electrónica para mejorar sus propiedades mecánicas y disminuir el consumo de combustible, también se regula el uso de combustibles con plomo, haciéndolo mucho más restrictivo debido a que es contaminante y se comienza a preocupar la sociedad por la contaminación del medio ambiente y la salud del ser humano.

En la actualidad el consumo de carburante y el nivel de emisión de gases contaminantes es un factor importantísimo y casi determinante a la hora de adquirir un vehículo nuevo.

3.1.1. Vehículos de gasolina

Los vehículos de transporte actuales que utilizan como combustible la gasolina, son motores térmicos de combustión interna (ya que la combustión se produce en el interior del propio motor) y prácticamente el 100% son motores de 4 tiempos de movimiento alternativo (movimiento lineal de vaivén, del embolo o pistón), aunque hay algunos que son de movimiento rotativo (motor Wankel).

El motor de gasolina también se denomina motor de encendido por chispa o motor de explosión debido a que, para realizar la combustión de la gasolina, se precisa de una chispa eléctrica que provoca la combustión instantánea o explosión de la gasolina contenida en el cilindro motor.

En un motor de 4 tiempos de gasolina, el conjunto de operaciones que se repiten periódicamente se realizan en cuatro carreras de pistón, y se describen a continuación:

1. **Admisión:** En la posición de partida, el pistón se encuentra en el punto más elevado de su recorrido, el PMS (punto muerto superior), y la válvula de admisión abierta. El pistón realiza la primera carrera del PMS al PMI (punto muerto inferior), al tiempo que el cilindro se va llenando de la mezcla de aire y gasolina a través de la válvula de admisión. Al alcanzar el PMI, la válvula de admisión se cierra. Durante este recorrido de pistón, el cigüeñal ha dado media vuelta.
2. **Compresión:** El pistón se encuentra en el PMI y las válvulas cerradas. A partir de este punto, el pistón realiza la segunda carrera desde el PMI al PMS, y como las dos válvulas están cerradas, el contenido del cilindro se comprimirá y calentará. Durante esta carrera el cigüeñal ha realizado otra media vuelta. Al finalizar este tiempo, se pueden alcanzar presiones de 1 Mpa y 573 K (300 °C).
3. **Explosión:** Se hace saltar la chispa eléctrica en la bujía, la cual inflama la mezcla que se quema rápidamente produciendo una explosión en la cámara de combustión y como consecuencia de la misma, el gas del interior del cilindro, incrementa su presión obligando al pistón a bajar al PMI. Durante esta carrera el cigüeñal gira otra media vuelta.
4. **Escape:** Cuando el pistón llega al PMI ha finalizado el tiempo de encendido y expansión, comenzando el tiempo de escape. En este momento se evacúan los gases quemados y para ello se abre la válvula de escape y el pistón realiza la cuarta carrera desde el PMI al PMS.

Al finalizar esta carrera, la válvula de escape se cierra y la de admisión se abre, quedando el cilindro dispuesto para comenzar nuevamente el primer tiempo de admisión.

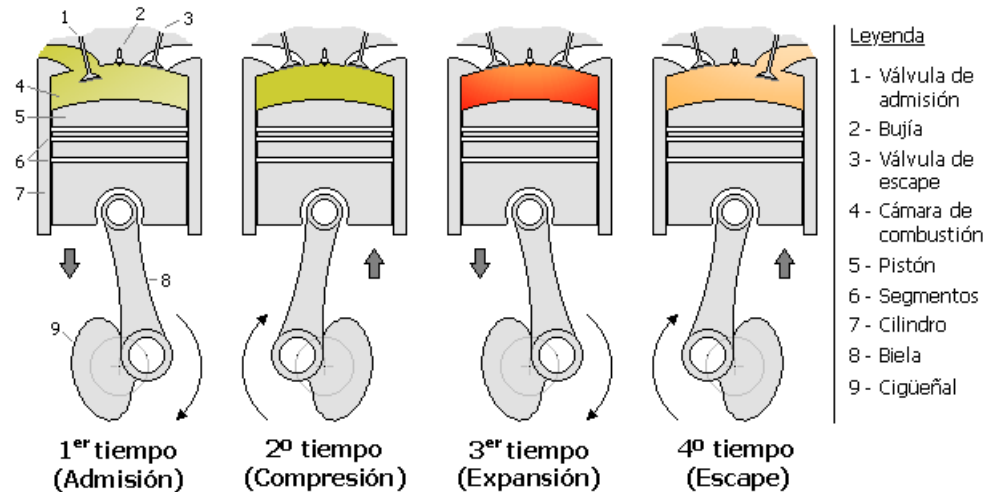


Figura 3.3. Tiempos de un motor de ciclo Otto y sus componentes [7]

Los motores de explosión describen un ciclo termodinámico denominado ciclo Otto. La descripción de este ciclo se explica a continuación:

1. **Admisión isobárica:** Corresponde al tiempo de admisión en el que se realiza la primera carrera del pistón. En el fluido termodinámico (mezcla aire y gasolina) pasa de ocupar un volumen V_b (volumen cámara de combustión) a ocupar un volumen V_a (volumen total del cilindro). Como durante esta carrera la válvula de admisión está conectada con el exterior, la presión permanece constante e igual a la presión atmosférica.
2. **Compresión adiabática:** En la segunda carrera, el pistón realiza la compresión de los gases en el interior del cilindro hasta que ocupan el volumen correspondiente al de la cámara de combustión.
3. **Explosión Isocórica:** Corresponde a la primera fase del tercer tiempo del funcionamiento del motor de gasolina. Estando en el PMS salta la chispa, por lo que se produce un aumento de la presión rápidamente sin que el volumen haya cambiado.
4. **Expansión adiabática:** Corresponde a la segunda fase del tercer tiempo. El pistón completa su tercera carrera del PMS al PMI. En esta transformación el fluido realiza trabajo, siendo este el objetivo del motor.

5. **Apertura válvula escape:** Se cede calor al foco frío que es el medio ambiente y se regresa a la presión atmosférica.
6. **Escape:** El pistón va desde el PMI al PMS, barriendo los gases quemados evacuándolos del interior al exterior. Como mantiene abierta la válvula de escape la presión se mantiene constante.

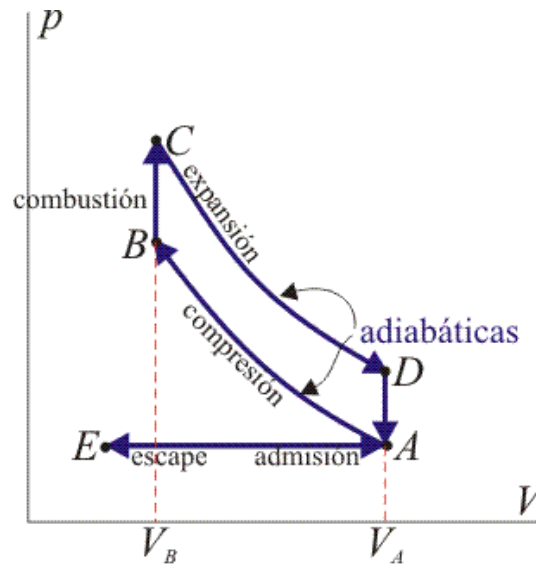


Figura 3.4. Diagrama PV ciclo Otto ideal. [8]

A partir del diagrama termodinámico del ciclo Otto se puede conocer el rendimiento de un motor de gasolina, pero este depende de la relación de compresión (proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión). Esta proporción suele ser de 10 a 1 en la mayoría de motores modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octanos para evitar la inflamación espontánea. El rendimiento medio de un buen motor Otto de 4 tiempos es de entre un 25 a un 30%.

$$\eta = 1 - \frac{1}{r^{\gamma-1}} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Si hablamos de los gases contaminantes que emiten los motores de gasolina son: el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos no quemados (HC), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x) y dióxido de carbono (CO₂) potente gas de efecto invernadero.

3.1.2. Vehículos diesel

Al igual que los motores de gasolina, los vehículos que utilizan gasoil como combustible, son motores térmicos de combustión interna, de 4 tiempos de movimiento alternativo.

El motor diesel es muy similar en funcionamiento al de gasolina pero hay algunas diferencias. Durante la admisión en los motores diesel únicamente se introduce el comburente (oxígeno del aire). En el encendido los motores diesel no precisan de chispa eléctrica para provocar la combustión del gasoil, sino que esta se produce espontáneamente debido a la elevada presión y temperatura que existe en el instante en que se introduce el combustible. La presión y temperatura en el motor diesel son superiores al de la gasolina, es decir la relación de compresión es superior en el motor diesel y por lo tanto su rendimiento también será mayor.

El ciclo termodinámico se conoce como ciclo Diesel. Comparte los mismos ciclos termodinámicos del ciclo Otto a excepción del punto 3. En este caso se produce una combustión isobárica, cuando el pistón se encuentra en el PMS y se comienza a inyectar el combustible al interior del cilindro, inflamándose la mezcla como consecuencia de las elevadas temperaturas del aire interior.

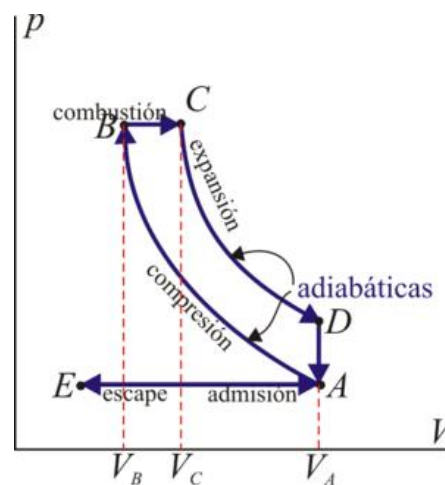


Figura 3.5. Diagrama PV ciclo Diesel ideal. [8]

A partir del diagrama termodinámico del ciclo Diesel se puede conocer su rendimiento. La relación de compresión (proporción entre los volúmenes máximo y mínimo de la cámara de combustión) suele ser de 18 a 1 en la mayoría de motores modernos. La temperatura de ignición del combustible diesel es de 723 K (450 °C) y la cámara en el momento de la inyección tiene unos 813 K (540 °C), suficiente para no necesitar de chispa. El rendimiento suele ser del 35%.

$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma r^{\gamma-1}} \cdot \frac{r_c^\gamma - 1}{r_c - 1} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

En un motor diesel los gases de escape son fundamentalmente los óxidos de nitrógeno (NO_x), los hidrocarburos no quemados (HC), el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO_2), el dióxido de azufre (SO_2), los aldehídos y micropartículas de hollín o micropartículas en suspensión, procedentes del carbón. Sobre todo, este último con un porcentaje superior al 60%. La proporción de hidrocarburos no quemados, el monóxido de carbono y dióxido de carbono son bastante menores que en los gases de escape que producen el motor de gasolina, si bien los NO_x superan a los de éste.

Los NO_x reaccionan con los compuestos orgánicos volátiles (COV) de la atmosfera para producir smog, que se dispara en los días soleados y calurosos. Sus efectos sobre el medio ambiente (por ejemplo son responsables de la lluvia ácida) y la salud han ocupado numerosos titulares, en especial por los informes negativos que difunden los científicos. El smog puede empeorar los efectos de numerosas patologías, como la bronquitis, el enfisema pulmonar y el asma, sobre todo en personas con bajas defensas, como los niños, enfermos y convalescientes.

El estudio *Calidad del aire urbano, salud y tráfico rodado*, elaborado por el Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera, del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), afirma que los vehículos diesel contaminan hasta 4 veces más que los de gasolina similares, dicho de otra forma, cuatro coches de gasolina emiten tantas partículas en suspensión como uno diesel.

3.1.3. Vehículos GNC

El gas natural es un hidrocarburo compuesto principalmente por metano (CH_4). Su poder calorífico/kg es muy parecido al de los combustibles derivados del petróleo. Para que un motor pueda funcionar únicamente con gas natural debe ser de ciclo Otto. Puede funcionar con ciclo diesel pero mezclando el gas natural con el gasóleo ya que el gas natural por sí solo no se auto-incendia ya que posee un índice de octano de 130. Su funcionamiento en el interior del motor es igual que si se inyectara gasolina. A continuación se enumeran y explican los componentes de un vehículo de GNC:

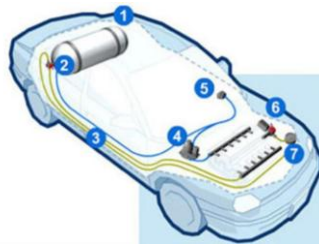


Figura 3.6. Componentes vehículo GNC [9]

1. **Botella de GNC:** Se trata del depósito de combustible donde se almacena el gas natural comprimido a 20 MPa de presión máxima. Las más utilizadas están fabricadas en acero sin soldadura, aunque existen también fabricadas con materiales compuestos que son más ligeras. Si el vehículo viene de fábrica para funcionar con GNC suele ir ubicado bajo los asientos traseros y el maletero; si se trata de un vehículo convertido a GNC generalmente se ubica en el maletero.
2. **Válvula de Seguridad:** Como dice su nombre es un dispositivo de seguridad instalada en la salida de gas del depósito que previene ante un exceso de presión en el tanque y para la apertura y cierre rápido del circuito.
3. **Tubos de conexión:** Tubos rígidos de alta presión que conectan la botella de GNC con el motor.
4. **Regulador de presión:** Su función es regular la presión para la alimentación de GNC al motor. Este regulador dispone de múltiples etapas de regulación, a través de las cuales la presión de la botella es reducida a una presión constante (entre atmosférica y 300 Pa, dependiendo del sistema de alimentación)
5. **Display indicador de nivel y selector de combustible:** Comanda eléctricamente el cambio de combustible desde el interior del habitáculo e indica el nivel de GNC disponible en la botella de almacenamiento.
6. **Válvula de llenado:** Válvula de carga de GNC. Puede estar instalada dentro del compartimento motor o localizada en algún punto exterior del vehículo. El enchufe de carga está estandarizado en toda Europa, siendo el modelo NGV1 para los turismos y NGV2 para los vehículos pesados
7. **Manómetro:** Es un indicador de presión instalado entre la botella y el regulador de presión, con la finalidad de medir e indicar continuamente la presión de GNC almacenado en el depósito. El volumen de gas contenido en la botella guarda relación con la presión, por lo tanto, el manómetro envía una señal que indica en el panel del vehículo la cantidad de GNC disponible.

El GNC puede extraerse de una forma más limpia en yacimientos propios o incluso, producirlo a partir de residuos de biomasa. Como es principalmente metano (CH₄) puede generarse en explotaciones agrícolas y estaciones de basura.

Las emisiones de CO₂ son hasta un 30% inferiores a las de un vehículo de gasolina y hasta un 15% respecto al gasóleo. Tanto las emisiones de SO_x, como las micropartículas en suspensión son prácticamente inexistentes. Si comparamos las emisiones de NO_x con las de un turismo diesel normativa UE5 son hasta un 67% inferiores y si se comparan con un diesel con normativa UE6 son hasta un 11% inferiores. **[10]**

El potencial energético de 1 kg de GNC es muy elevado, ya que contiene la misma energía que 2 litros de GLP, 1,5 l de gasolina y 1,3 l de gasóleo. La infraestructura en la ciudad de Barcelona es mínima, tan solo hay dos gasolineras que lo ofrezcan, ambas Gas Natural Fenosa una en (c/ fra jupiter serra, 59-75) y la segunda (c/ Doctor aguader, 50) y el precio es el mismo en las dos 0,8 €/kg.

Para ver la viabilidad económica se hace un cálculo sencillo. Se compara un Seat Mii (5p) 1.0 Reference con 44,74 kW (60 CV) y el Seat Mii (5p) 1.0 Reference GNC con 50,70 kW (68 CV), considerando los costes de mantenimiento iguales en los dos modelos.

	Seat Mii 1.0	Seat Mii 1.0 GNC
Precio	7.280 €	9.870 €
Consumo medio	4,5 l/100km	2,9 kg/100km
Precio gasolina / GNC	1,19 €/l	0,8 €/kg
Gasto a los 100 km	5,35 €	2,32 €

Tabla 3.2. Datos Seat Mii gasolina y Seat Mii GNC

El menor coste por kilómetro del GNC ayuda a amortizar el mayor precio de compra del Seat Mii 1.0 GNC en 85.500 km, que con un uso medio de 30.000 km/año se amortizaría en menos de 3 años.

El GNC económicamente es una posible solución al modelo de negocio basado en el alquiler de vehículos respetuosos con el medio ambiente, ya que el coste por kilómetro es inferior a la mitad del gasto con un vehículo de gasolina y además reduce de forma muy importante los gases que emite a la atmosfera a pesar de no ser 100% cero emisiones.

3.1.4. Vehículos GLP

Autogás es el término común empleado para referirse al GLP (Gas Licuado del Petróleo). Se trata de una mezcla de butano y propano, y en su mayoría se obtiene de yacimientos de gas natural o petróleo, un 60% frente a un 40% que procede de la destilación del petróleo en refinería. Al ser sometido a presión, este gas pasa de estado gaseoso a líquido, ocupando mucho menos volumen. Además está prácticamente exento de azufre y otras sustancias como metales.

El GLP se almacena, transporta y se distribuye en fase líquida. El vehículo arranca siempre en gasolina y no pasa a gas hasta que el motor alcanza una temperatura de unos 313 K (40 °C). Un motor diesel es incompatible con el GLP por lo que no es viable un vehículo bifuel gasóleo-GLP, pero si puede ser un motor monofuel que utilice una mezcla del 30% de Autogás y 70% de gasóleo.

Al igual que los vehículos de GNC, los vehículos de GLP pueden comprarse de serie adaptados para funcionar con gasolina y GLP, o posteriormente se puede instalar un kit de transformación en un taller especializado con un coste entre 1500 y 2500 euros. Se puede adaptar cualquier motor de gasolina de entre 22,37 y 343 kW (30 y 460 CV), de cualquier cilindrada y tamaño. Una vez realizada la instalación el vehículo debe legalizarse en una estación ITV (Inspección Técnica de Vehículos). Para poder legalizar la transformación el vehículo debe cumplir al menos la normativa de emisiones Euro 3. La diferencia entre comprar un coche de serie adaptado a GLP o adaptarlo a posteriori, está en la garantía, ya que al hacer la transformación un tercero puede ocurrir que pierdas la garantía de fábrica. A nivel de fiabilidad no hay ninguna diferencia porque los kits que utilizan las fábricas son los mismos que utilizan los talleres independientes.

El GLP tiene dos ventajas principales, la medioambiental y la económica:

1. **Mejora la calidad del aire:** Contribuye a mejorar la calidad del aire, en especial en las zonas urbanas ya que reduce en un 68% las emisiones de NO_x y del 15% del CO_2 si lo comparamos con la gasolina. Si lo comparamos frente al diesel reduce en un 99% la emisión de partículas, en un 96% las emisiones de NO_x , en un 50% el nivel de ruido y un 10% las emisiones de CO_2 .
2. **Más barato:** Su precio es aproximadamente un 50% más barato que la gasolina. En la ciudad condal hay 5 gasolineras que ofrecen GLP y el precio medio es de 0,5 €/l. Debido a que el poder calorífico inferior (PCI) del GLP es inferior al de la gasolina y diesel, necesita aproximadamente un 10% más de combustible para recorrer la misma distancia, lo que hace que el ahorro real sea cercano al 40%, y de un 20% con el diesel.

Los vehículos que se mueven con GLP duplican la duración del motor debido al menor desgaste de los cilindros y segmentos del motor. El gas es más limpio, deja menos depósitos carbonosos en la combustión y permite que el aceite del motor se mantenga limpio durante más tiempo. En contra la falta de lubricación del GLP con respecto a la gasolina puede producir un desgaste prematuro de las válvulas.

Para ver la viabilidad económica se hace un cálculo sencillo. Se compara un Opel Adam 1.4 16v gasolina con 64,88 kW (87 CV) y un Adam 1.4 16v GLP con 64,88 kW (87 CV). Se considera que los costes de mantenimiento son iguales en los dos modelos.

	Opel Adam Gasolina	Opel Adam GLP
Precio	13.216 €	14.867 €
Consumo medio	5,1 l/100km	6,7 l/100km
Precio gasolina / GNC	1,19 €/l	0,5 €/l
Gasto a los 100 km	6,07 €	3,35 €

Tabla 3.3. Datos Opel Adam gasolina y Opel Adam GLP

El menor coste por kilómetro del GLP ayuda a amortizar el mayor precio de compra del Opel Adam de GLP en 60.700 km, que con un uso medio de 30.000 km/año se realizaría en 2 años.

Si se compara el coste a los 100 km del GLP con el GNC, vemos que es 1 € más caro, así que económicamente se descartaría el GLP para el modelo de negocio que se trata en este proyecto.

3.2. Biocombustibles

Los biocombustibles son una mezcla de hidrocarburos que se utiliza como combustibles en los motores de combustión interna y que deriva de la biomasa, materia orgánica originada en un proceso biológico, espontaneo o provocado, utilizable como fuente de energía.

La base del aprovechamiento del biocombustible es la propiedad de los vegetales para obtener cadenas de carbono a partir de la energía solar, de la captación de CO₂

atmosférico, de agua y nutrientes del suelo. Este carbono se puede transformar de manera más o menos compleja en alcoholes (básicamente metanol y etanol) que sustituyen la gasolina o nafta y en aceites vegetales (biodiesel) que hacen de sustitutivos del gasoil. Actualmente existen dos grupos de biocombustibles de aplicación al transporte, considerados combustibles de primera generación:

3.2.1. Bioetanol

La primera generación de biocombustibles son los obtenidos a partir de alcoholes, básicamente bioetanol. Cualquier producto con un alto contenido de azúcar o con materias primas que se puedan convertir en azúcar, puede transformarse en bioetanol. La obtención básica es a partir de caña de azúcar, remolacha, patata, yuca y camote, aunque también se puede obtener de algas marinas. Estas materias exigen procesos más complejos y se puede considerar que un litro de bioetanol equivale aproximadamente un 65% de la energía de un litro de gasolina. Por otro lado, presenta ciertos problemas en referencia a nivel de emisiones locales (NO_x), y ciertas asociaciones ambientalistas consideran al bioetanol como un elemento negativo ya que consume recursos alimentarios, lo que puede generar un aumento de los precios de dichos alimentos y afectar a los ciudadanos, así como a la sostenibilidad de la cadena energética asociada a su producción y uso.

El bioetanol se puede utilizar como aditivo en la gasolina y como carburante en los coches de explosión o ciclo Otto. Lo más común es mezclarlo con gasolina en diferentes concentraciones.

- Si el porcentaje de bioetanol es bajo (entre 5 y un 10%), casi cualquier motor de gasolina moderno puede funcionar con él.
- Si el porcentaje de bioetanol es alto (un 85% de bioetanol y un 15% de gasolina) se requieren motores adaptados: los modelos de gasolina denominados Flexifuel.
- Para concentraciones del 100% normalmente se necesitan motores especiales.

El bioetanol tiene un índice de octano superior al de la gasolina, lo que permite índices de compresión más altos sin que llegue a producirse una combustión prematura, aumentando el rendimiento. Sin embargo tiene un poder calorífico inferior (26.930 kJ/kg) y se necesita más cantidad de carburante para hacer los mismos kilómetros.

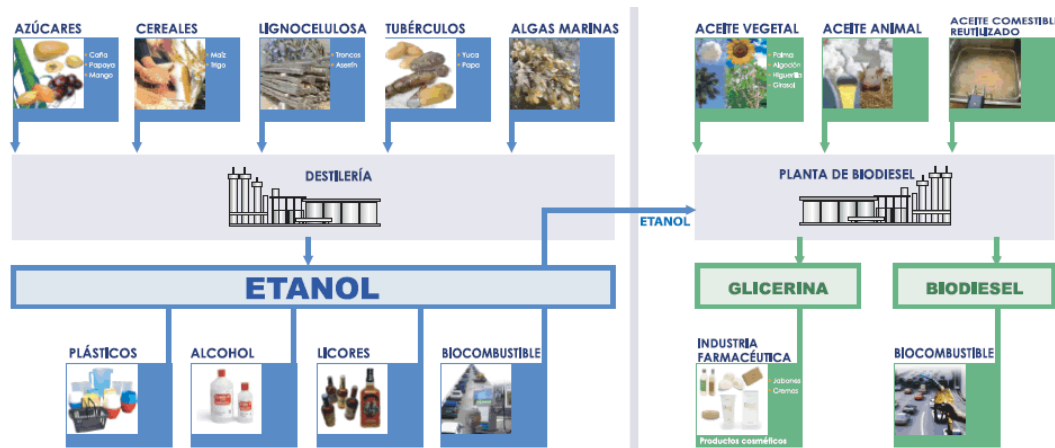


Figura 3.7. Ciclo de obtención del Bioetanol y el Biodiésel [11]

La situación actual en España es que hay muy pocas gasolineras que ofrezcan bioetanol. Concretamente en Cataluña tan solo hay 2: la primera en Barcelona, (MEROIL Av. Meridiana, 666) y otra en Igualada (Petromiralles, calle guimaraes, s/n) donde los precios son respectivamente 1,442 €/l y 1,186 €/l.

Puntos fuertes y débiles:

Conceptualmente se trata de un combustible muy interesante ya que es una energía completamente renovable. Es decir, cada recogida o reaprovechamiento de biomasa se traduce en energía que se puede consumir como combustible. Otra ventaja es que se trata de un proceso cerrado y equilibrado, es decir, el combustible se genera a partir de una masa vegetal que crece absorbiendo CO_2 de la atmósfera, el cual se forma en parte por la liberación de las cadenas de carbono en la quema de estos combustibles. La inexistencia de azufre en ellos es otra cuestión a tener en cuenta.

La problemática que representa este combustible está relacionada tanto con el cultivo como con la manipulación y transformación en hidrocarburo operativo. El agua es un factor a estudiar ya que las necesidades son diferentes dependiendo del tipo de cultivo. Si generalizamos podríamos decir que para la obtención de un litro de bioetanol son necesarios entre 30 y 37 litros de agua (de 10 a 12 litros para la destilación y de 20 a 25 litros para la fermentación). En el caso del aceite de palma, la obtención de un litro de aceite necesita unos 300 litros de agua. Otro aspecto preocupante en la sustitución de cultivos tradicionales destinados a la alimentación que se transforman en cultivos para la obtención de biocombustibles. Si se reduce la oferta de alimentos estos suben de precio, provocando hambrunas en países pobres o en vías de desarrollo. Por supuesto no se deben talar bosques para aumentar la superficie cultivable.

Por otra parte el bioetanol genera más emisiones de compuestos orgánicos volátiles (culpables de la destrucción del ozono estratosférico y de la contribución a la formación del smog fotoquímico) y aumenta aproximadamente un 5% las emisiones de NO_x.

Como resumen, se puede decir que si la producción del bioetanol se hace de manera responsable, eficiente y sostenible, puede ser una alternativa razonable para sustituir al menos en una pequeña parte a la gasolina. Pero considero que no es viable como fuente de energía para crear un modelo de negocio en Barcelona basado en el alquiler de vehículos sostenibles con el medio ambiente y rentables económicamente. El Bioetanol sigue generando emisiones contaminantes, los vehículos consumen más litros a los 100 kilómetros y el precio actual (1,442 €/l en Barcelona) es muy superior al de la gasolina 95 octanos (1,119 €/l).

3.2.2. Biodiésel

La segunda generación son aquellos obtenidos a partir de aceites vegetales (biodiésel). De la mezcla de casi cualquier aceite vegetal, pequeñas cantidades de grasa animal, aceites usados, alcohol y un catalizador, se puede obtener biodiesel. El biodiésel se puede quemar mezclado con el gasoil o bien puro. Un litro de biodiesel tiene un poder calorífico inferior de 36.900 kJ/kg, muy próximo al gasóleo, así que no hay mucha diferencia en temas de potencia pero si aumenta el consumo (l/100km) alrededor de una 10%. Este biocombustible de segunda generación no interfiere en la cadena alimentaria, reduce notablemente los problemas identificados en la primera generación de biocombustibles, pero requieren aun de una evolución tecnológica e investigación que permita reducir los costes para hacerlos más competitivos.

En principio casi cualquier motor diésel puede utilizar biodiésel, aunque lo más habitual es que se mezcle con gasóleo convencional.

- Mezclas inferiores al 20% de biodiésel (80% de gasóleo), es lo más habitual y no requiere de cambios en los motores.
- Altas concentraciones y biodiésel puro (30%, 50% y 100%) los motores requieren ciertas modificaciones. No es recomendable para temperaturas bajas.

Aunque el biocombustible más utilizado a nivel mundial es el bioetanol (cerca de un 85%), el biodiésel es más utilizado en la Unión Europea, y representa alrededor del 60% del consumo mundial. Los costes de producción varían dentro de un gran abanico de materias primas, el tipo de biocombustible generado y el lugar de producción. En la práctica mayoría de países se puede considerar que se trata de un sector donde la

existencia de ayudas y políticas públicas al proceso productivo y a la investigación sostienen la viabilidad económica.

En cuanto a las estaciones de servicio que ofrecen Biodiésel se puede confirmar que la situación es levemente mejor que el bioetanol. En la ciudad de Barcelona hay 4 estaciones de servicio que lo ofrecen: Meroil, (Av. Meridiana, 666), Tamoil (Calle Pujades, 309), Galp (Av. Paralelo, 132) y Petrozal (Passatge Moçanvic, s/n) y los precios son respectivamente 1,019 €/l, 0,919 €/l, 0,975 €/l y 0,999 €/l.

Puntos fuertes y débiles:

En el caso del biodiesel es la reducción de las partículas sólidas de carbono, así como estar libres de bencenos, a la vez que representan una lubricación para el motor. El biodiésel solo aumenta las emisiones de óxidos de nitrógeno en un 1,2%.

Actualmente los biocombustibles representan una pequeña parte de la biomasa que la humanidad utiliza como energía. La proporción de bioenergía comercial destinada al transporte representa una cantidad alrededor de un 2%.

Como resumen, se puede decir que si la producción de biodiésel se hace de manera responsable, eficiente y sostenible, puede ser una alternativa razonable para sustituir al menos en una pequeña parte al diesel. Pero considero que no es viable como fuente de energía para crear un modelo de negocio en Barcelona basado en el alquiler de vehículos sostenibles con el medio ambiente y rentables económicamente. El biodiésel también genera emisiones contaminantes y la diferencia de precio con el gasóleo A (1,037 €/l), es de media unos 0,05 €/l menor, pero al consumir aproximadamente un 10% más de combustible a los 100km se ve claramente que aumenta el coste por kilómetro.

3.3. Pila de combustible

Se conoce como pila de combustible o celda de combustible al dispositivo electroquímico de conversión de energía similar a una batería, que está diseñada para permitir un reabastecimiento continuo de los reactivos consumidos, es decir produce electricidad de una fuente externa de combustible y de oxígeno, a diferencia de la capacidad limitada de almacenamiento que posee una batería.

Los reactivos típicos utilizados en una celda de combustible son el hidrógeno en el lado del ánodo y oxígeno en el lado del cátodo. De esta forma podemos decir que la pila de combustible es una batería, que con la ayuda de hidrógeno genera electricidad de forma constante sin necesidad de suministro exterior.

Actualmente hay vehículos en el mercado que funcionan con pila de combustible, su funcionamiento es muy simple y es uno de los que tiene más posibilidades de ser el coche del futuro ya que no producen emisiones contaminantes durante su utilización y presentan autonomías equiparables a los vehículos convencionales, pero aun está en fase de desarrollo ya que existen diferentes inconvenientes que se explicarán a continuación.

El funcionamiento es el siguiente, el motor alimentado por una pila de combustible, genera electricidad constantemente por la reacción del oxígeno del aire con el hidrógeno almacenado en un depósito. Esta reacción genera agua, que se utiliza para refrigerar la pila. La energía liberada se utiliza para alimentar los motores eléctricos que mueven el vehículo. Esto presenta un gran ahorro frente a los motores de combustión interna, que queman combustible para obtener energía. Sin embargo, los mayores problemas que se plantean a los fabricantes son cómo producir el hidrógeno y cómo almacenarlo dentro del vehículo.

Las primeras materias energéticas utilizadas para la producción de hidrógeno pueden ser diversas, entre ellas las energías renovables. Por otro lado, existen problemas en el desarrollo tecnológico de los sistemas de almacenamiento de hidrógeno en los vehículos, en la seguridad de su uso, en las grandes inversiones necesarias para desarrollar redes de distribución de hidrógeno, así como los elevados costes de las celdas de combustible. Además, las pérdidas en la generación de hidrógeno a través de la electrólisis y la gran dependencia de la eficiencia de la cadena energética en función de la fuente primaria utilizada para su producción, dan lugar a que su competitividad se vea reducida.

3.3.1. Propiedades del Hidrógeno

A grandes rasgos se puede decir que el hidrógeno es el elemento más abundante del universo. En estado libre es relativamente raro en la atmosfera, pero en combinación con otros elementos, se encuentra ampliamente distribuido por la tierra, donde el compuesto más abundante de hidrógeno es el agua H_2O . Seguidamente se detallan las ventajas y desventajas:

- **Ventajas:** Reservas prácticamente ilimitadas. Pérdidas de energía mucho menores en el tiempo que las baterías. Mayor densidad energética que las baterías.
- **Desventajas:** No existe libre en la naturaleza, es decir no es una fuente primaria. La generación necesita el doble de energía que la que necesitan el carbón o la nuclear. El almacenamiento es complicado. Elevado coste de producción. Escasa densidad energética por unidad de volumen, que dificulta y encarece su manipulación. Mirando la Tabla 3.4, se compara el hidrógeno con el metano, (principal componente de gas natural) y se comprueba dicha propiedad.

P (bar)	T (°C)	H ₂ (P.C.I. = 120,0 MJ/kg)		CH ₄ (P.C.I. = 50,0 MJ/kg)	
		Densidad kg/m ³	P.C.I. MJ/m ³	Densidad kg/m ³	P.C.I. MJ/m ³
1	25	0,081	9,76	0,648	32,40
200 (*)	25	14,380	1725,60	145,160	7258,00
1 (**)	(**)	79,500	9540,00	420,700	21035,00

(*) : El trabajo de compresión teórico expresado en kWh por kWh de P.C.I.:
H₂ = 0,087; CH₄ = 0,023 (En cuatro etapas con refrigeración intermedia)
(**) : La diferencia de entalpía entre gas y líquido en kWh por kWh de P.C.I.:
H₂ = 0,036 a -252,6 °C; CH₄ = 0,018 a -161,6 °C

Tabla 3.4. Densidad y PCI del Hidrógeno y Metano [12]

En el Anexo A. Hidrógeno, se explican los métodos de obtención de hidrógeno, las formas de acumulación existentes y se hacen unos cálculos para comprobar la autonomía que tendría un turismo en función del tipo de acumulación utilizado.

Como resumen, los sistemas móviles donde se utilice el hidrógeno como vector energético son una alternativa viable para el futuro, pero todavía necesitan de un gran desarrollo tecnológico, sobretudo en la eficiencia en la producción y acumulación del hidrógeno, pero sus ventajas con respecto a las baterías y su capacidad para ejercer de intermediario entre las energías renovables y el usuario final por sus bajas pérdidas en la acumulación, la convierten en una clara candidata para sustituir al petróleo a largo plazo. A corto y medio plazo, aplicaciones móviles de gran tamaño, donde el volumen del acumulador no suponga un problema, pueden ser viables. Un ejemplo de este tipo de sistemas pueden ser los autobuses urbanos.

Por último, y enfocado al alquiler de vehículos respetuosos con el medioambiente, si se decidiera aplicar a un Seat Mii, el depósito de acumulación del hidrógeno deberían ser igual que el actual (35 litros) si no se desea reducir el espacio de carga, lo que hace que la autonomía de dicho vehículo sea muy inferior a la de un vehículo de gasolina (demostrado en el anexo A.3.), también cabe destacar el hecho que sería necesario desarrollar una red completamente nueva para la distribución de dicho combustible, lo que supondría un coste considerable y la imposibilidad de llevarlo a cabo a corto o medio plazo.

La investigación y desarrollo de esta tecnología por parte de varios fabricantes de vehículos durante los últimos años, ha hecho que se comercialice algún modelo, pero no han llegado a España debido a la falta de infraestructura.

3.4. Vehículos Híbridos

Un vehículo híbrido es aquel que combina 2 motores o más que se alimentan con diferente tipo de energía. Actualmente el sector de la automoción se ha decantado principalmente por la combinación de un motor de combustión interna (gasolina o gasóleo) con uno

eléctrico, aunque también hay algún proyecto vanguardista que trata de combinar un motor de combustión interna con uno que funciona con aire comprimido.

La función del motor eléctrico puede ser de dos modos: Por un lado el motor eléctrico puede ayudar al motor térmico aumentando la potencia total disponible o por otra parte puede aprovechar la energía cinética sobrante que se desaprovecha en algunos momentos de la circulación, de esta forma se podría disponer de un motor térmico de menor potencia y reducir el consumo de combustibles fósiles.

Hay muchas ocasiones donde se puede transformar esa energía cinética sobrante en energía eléctrica, como puede ser cuando solo hay que mantener la velocidad en llano, cuando se desciende una pendiente o cuando se frena se puede pasar algo de esa energía cinética al generador y acumular esa energía eléctrica en unas baterías específicas y luego aportarla al motor eléctrico cuando sea demandada. La energía eléctrica acumulada en esas baterías es la que luego utilizará el motor eléctrico para funcionar, por sí solo o bien a la vez que el motor térmico, para ayudarlo y complementarlo en las aceleraciones intensas o cuando se requiere de mucha potencia como puede ser al subir una pendiente. La gestión del funcionamiento de los dos motores es controlada por un sistema electrónico complejo que decide si funcionan individualmente o en conjunto.

Atendiendo a su principio de funcionamiento los vehículos híbridos se pueden clasificar en:

- **Híbrido en serie:** El motor térmico no está conectado a las ruedas y solo funciona para mover un generador que recargue de electricidad las baterías. El motor eléctrico es el encargado de mover las ruedas.
- **Híbrido en paralelo:** El motor térmico es el principal, mientras que el motor eléctrico es complementario y sirve de ayuda al motor térmico cuando se requiere de más potencia.
- **Híbrido combinado:** Es un sistema más complejo y permite que los dos motores puedan funcionar solos o a la vez. El motor eléctrico puede iniciar la marcha por sí solo. Cuando se requiere de mucha potencia funcionan los dos y el motor térmico puede funcionar solo a altas velocidades y cuando su rendimiento es óptimo y también puede ayudar a recargar las baterías.

Las ventajas de los vehículos híbridos respecto a los vehículos impulsados por combustibles fósiles no solo es el consumir menos carburante y emitir menos partículas contaminantes a la atmosfera con la misma potencia, sino que hay otros aspectos importantes a tener en cuenta como son:

- En general su funcionamiento es más **suave y silencioso**, gracias al cambio automático, al combinar un motor de gasolina que funciona a regímenes bajos para gastar poco y el uso del motor eléctrico (que es casi totalmente silencioso) siempre que se puede, sobre todo en ciudad.
- Los costes de **mantenimiento** son menores. El motor de combustión no funciona el 100% del tiempo, disminuyendo su desgaste, los frenos suelen durar más kilómetros, ya que antes de recurrir a los frenos hidráulicos, se opta por el frenado regenerativo (la retención del motor y la recuperación de energía).
- La **fiabilidad** es mayor. Como el motor térmico funciona menos horas, porque se para y arranca siempre que se puede con el motor eléctrico y como el motor térmico gira a un régimen de giro menor, pues es ayudado por el motor eléctrico cuando hay que realizar más trabajo, la vida útil del motor de combustión interna se alarga. Según el tipo de recorrido el motor térmico puede estar parado entre un 35% y un 60% del tiempo.

3.4.1. En serie (EREV)

En los vehículos híbridos con arquitectura en serie o conocidos también como de rango extendido EREV (Extended Range Electric Vehicle), el motor de combustión no mueve el vehículo, ya que es el encargado de proporcionar movimiento a un generador que carga las baterías o directamente al sistema de propulsión (motor eléctrico) y por lo tanto se reduce la demanda de la batería. Cuando la duración del viaje excede a las prestaciones de la batería, el dispositivo generador se enciende.

El motor térmico impulsa un generador eléctrico (transformador eléctrico o inversor) que convierte la corriente alterna trifásica producida por el generador en corriente continua que recarga las baterías. Posteriormente se rectifica la corriente pasándola de continua a alterna para alimentar al motor o motores eléctricos y estos son los que impulsan al vehículo.

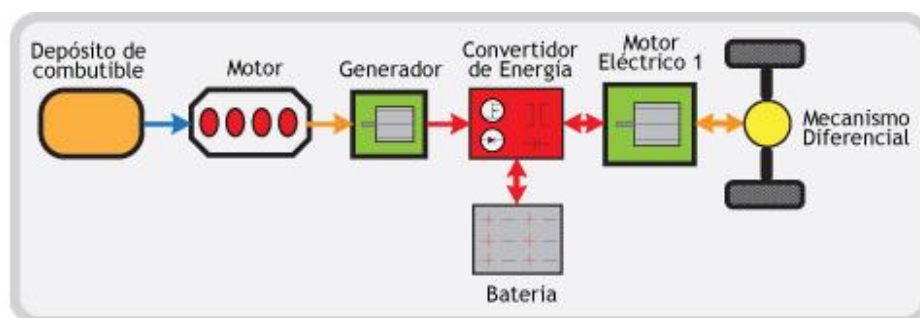


Figura 3.8. Arquitectura interna de un motor híbrido en serie. [13]

Dependiendo del rango de velocidades que se quieran ofrecer el dispositivo generador debe ser mayor o menor. En un principio se propusieron soluciones de bajo rango de velocidades, pero la tendencia actual es la de ir a un rango mayor, esto implica sistemas de generación mucho mayores. La batería se dimensiona en función de los picos de demanda.

Los vehículos híbridos en serie pueden operar de los siguientes modos:

- Un **uso exclusivo** desde las **baterías**, que proporcionan al motor eléctrico toda la energía necesaria para mover el vehículo; o del motor térmico, que acciona el motor eléctrico a través del generador. Si el consumo es inferior a la energía proporcionada por el generador, se desvía la parte sobrante a recargar las baterías.
- **Modo mixto o combinado:** Cuando la energía solicitada es elevada, el motor eléctrico recibe simultáneamente la energía del generador y de las baterías.
- **Uso en desaceleración o frenada:** Cuando parte de la energía absorbida durante las frenadas se transforma en energía eléctrica y se recargan las baterías.

Este sistema resulta eficiente si el 80% de los kilómetros recorridos son alimentados por la energía de las baterías que se han recargado desde la red. En caso contrario es difícil la justificación de este tipo de propulsión híbrida ya que la energía eléctrica de las baterías proviene en realidad de la combustión del motor térmico.

La principal ventaja que ofrece este diseño frente al “paralelo” es la de un diseño mecánico simple. Se dispone de un motor térmico diseñado y optimizado para trabajar siempre en el mismo régimen de revoluciones.

La desventaja de este tipo de vehículos es que toda la energía producida por el motor térmico tiene que atravesar el generador eléctrico sufriendo pérdidas de rendimiento debido a la transformación de energía mecánica a eléctrica y toda la energía para la tracción tiene que pasar por el motor eléctrico.

Uno de los turismos con arquitectura en serie que tenemos actualmente en el mercado es el Opel Ampera que dispone de 2 motores eléctricos, unos de 111 kW (150 CV) que se utiliza para impulsar el vehículo y otro de 55 kW (75 CV) que puede usarse como generador y también para impulsar el vehículo. En ocasiones se utilizan los dos motores eléctricos a la vez para impulsar el vehículo, para mejorar la eficiencia y hacer que giren a menos revoluciones, pero nunca para superar los 150 CV de potencia. El motor de combustión tiene una cilindrada de 1,4 litros y 64,13 kW (86 CV) de potencia. La batería del Ampera tiene una capacidad de 16 kWh que le proporciona una autonomía máxima en

modo eléctrico de unos 80 km. El consumo medio es de 1,2 litros/100km y su precio parte desde los 38.300 €.



Figura 3.9. Opel Ampera. [14]

3.4.2. En paralelo (HEV)

En los vehículos híbridos con arquitectura en paralelo, conocidos como híbridos convencionales HEV (Hybrid Electric Vehicle), utilizan dos sistemas de tracción en paralelo, de ahí su designación. Según esta configuración ambos proveen de potencia a las ruedas de modo que los dos sistemas pueden ser utilizados independientemente o simultáneamente para obtener una potencia máxima.

Aunque mecánicamente es más complejo, este método evita las pérdidas inherentes a la conversión de energía mecánica en eléctrica que se da en los vehículos híbridos en serie. Además como los picos de demanda de potencia le corresponden al motor de combustión interna, las baterías pueden ser mucho más pequeñas.

Como los patrones de uso de los automóviles tienden a viajes cortos y frecuentes, un híbrido en paralelo trabajará la mayor parte del tiempo sólo con motor eléctrico (este funcionamiento sería ideal, aunque la realidad demuestra que actualmente las baterías de los híbridos convencionales tienen muy poca autonomía y por lo tanto estos vehículos funcionan mayormente impulsados por el motor térmico).

Los vehículos híbridos en paralelo pueden operar de los siguientes modos:

- **Modo totalmente eléctrico:** Las baterías proporcionan al motor eléctrico toda la energía necesaria para mover el vehículo.
- **Modo totalmente térmico:** El uso exclusivo del motor térmico se da cuando el vehículo se mueve únicamente por la acción del motor de combustión, y si la energía requerida es inferior a energía proporcionada por el motor térmico, se deriva una parte a recargar las baterías.

- **En modo mixto o combinado:** Si la energía solicitada es elevada, pueden trabajar los dos motores conjuntamente (el motor térmico es asistido por el motor eléctrico).
- **En desaceleración y frenadas:** Parte de la energía absorbida por las ruedas durante la frenada se transforma en energía eléctrica y se recargan las baterías.

La principal ventaja está en la posibilidad de actuar simultáneamente los dos motores y, por tanto, el motor térmico como el eléctrico pueden ser de menor potencia. El inconveniente es la mayor complejidad de los equipos y de los sistemas de regulación y control.

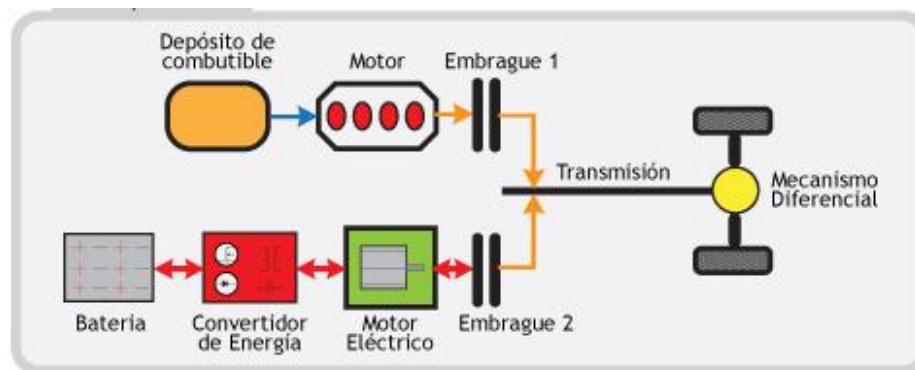


Figura 3.10. Arquitectura interna de un motor híbrido en paralelo. [13]

Dentro de los vehículos híbridos paralelos podemos distinguir dos arquitecturas: los que usan un generador independiente para cargar las baterías, o los que aprovechan el motor eléctrico también como generador.

- **Con generador independiente:** Su inconveniente es que tiene más componentes, el generador, el conversor de corriente alterna a corriente continua y la transmisión entre el motor térmico y el generador por lo que será más pesado y caro. Sin embargo tiene la ventaja que el generador al estar diseñado para funcionar sólo como generador, será más eficiente que el motor funcionando como generador.
- **Usando el motor eléctrico como generador:** Se disminuye el número de componentes, pero puede disminuir el rendimiento.

El vehículo híbrido con arquitectura en paralelo con generador independiente también se clasifica como vehículo “paralelo-serie”. Esta configuración combina las ventajas de ambos sistemas y es la más utilizada por los fabricantes de automóviles.

Uno de los turismos con arquitectura en paralelo que tenemos actualmente en el mercado y que más demanda ha tenido en nuestro país es el Toyota Prius, que dispone de un motor de gasolina (Ciclo Atkinson) de 1,8 litros que proporciona 73 kW (98 CV) de potencia y un

motor eléctrico de 53,7 kW (72 CV), siendo la potencia total de 91 kW (122CV). La batería del Prius tiene una capacidad de 1,3 kWh que le da una autonomía máxima en modo únicamente eléctrico de hasta 2 km (útil únicamente para funcionar durante las arrancadas, que es cuando un motor de combustión consume más). El Prius tiene un consumo medio de 3,3 l/100km y su precio es de 32.250 €.



Figura 3.11. Toyota Prius de cuarta generación [15]

3.4.3. Combinado (PHEV)

Los vehículos híbridos mixtos pueden actuar como un híbrido en serie o como uno en paralelo, según si la acción del motor térmico se aplica directamente a las ruedas motrices (funcionamiento en paralelo) o bien si actúa sobre el generador (funcionamiento en serie). Este tipo de vehículos son conocidos como híbridos enchufables PHVE (Plug-in Hybrid Electric Vehicle).

Los vehículos híbridos enchufables se pueden recargar de 3 formas distintas: Conectándolo a un enchufe de la red eléctrica, por medio de la recuperación de energía en las frenadas o cuando el motor aporta más potencia de la demandada y utilizando el motor de gasolina para recargar las baterías al igual que en los híbridos en serie.

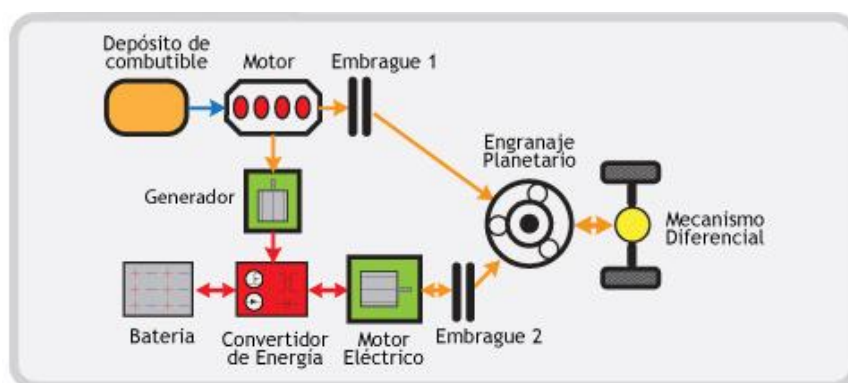


Figura 3.12. Arquitectura interna de un motor híbrido mixto [13]

Actualmente los híbridos enchufables en venta ofrecen autonomías en modo 100% eléctrico de entre 30 y 50 km. Durante el año 2015 se vendieron en España 763 unidades, y el más vendido ha sido el Mitsubishi Outlander PHEV con 389 unidades. La batería del Outlander tiene una capacidad de 12 kWh que le da una autonomía máxima en modo eléctrico de hasta 52 km. Tiene un motor de gasolina de 90,23 kW (121 CV) y dos motores eléctricos (uno en cada eje) de 61 kW (82 CV) cada uno, siendo la potencia total de 151,38 kW (203 CV). Su consumo mixto es de 1,8 l/100km y 19,3 kWh/100km en modo eléctrico y su precio es de 38.720€.



Figura 3.13. Mitsubishi Outlander PHEV (2016) [16]

3.5. Vehículos eléctricos puros (BEV)

Los vehículos eléctricos puros, conocidos como vehículos eléctricos de batería (BEV) o simplemente como vehículos eléctricos (VE), son aquellos que disponen únicamente de uno o varios motores eléctricos y su principal fuente de recarga es externa al vehículo.

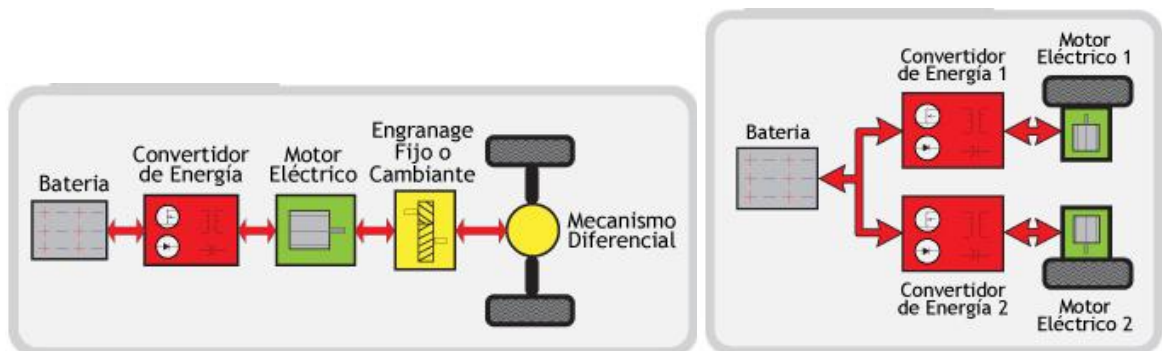


Figura 3.14. Arquitectura interna de un motor eléctrico con uno y dos motores [13]

Los vehículos eléctricos son, desde un punto de vista de disposición mecánica de sus componentes, más sencillos que los vehículos actuales de combustión interna. Básicamente están compuestos por uno o varios motores eléctricos que se alimentan a través de una batería incorporada en el vehículo. La energía almacenada en la batería provee toda la energía necesaria al vehículo (motriz y auxiliar). Adicionalmente estos vehículos incorporan sistemas de frenado regenerativo que permiten recuperar parte de la energía cinética del vehículo para almacenarla en las baterías.

El motor puede ser de corriente continua o de corriente alterna. Los de corriente continua (que pueden ser motores en serie o de excitación permanente) proporcionan un elevado par de arranque y un sistema de regulación de velocidad relativamente sencillo y conocido. En los de corriente alterna, pueden ser síncronos o asíncronos, son más robustos y fáciles de mantener, y consiguen un mejor rendimiento que los de corriente continua.

Los vehículos eléctricos tradicionalmente se han utilizado en recintos cerrados (carretillas elevadoras) y para aplicaciones particulares (sillas para personas con movilidad reducida, carros para jugar al golf, etc.). En los últimos años y a medida que han aparecido dispositivos de almacenamiento de mayor capacidad y recarga más rápida, han comenzado a ser utilizados los primeros vehículos eléctricos con prestaciones modestas.

Desde un punto de vista técnico, los principales inconvenientes de los VE es que presentan una limitada autonomía, que podemos situar entre los 100 y 300 km, y su tiempo de recarga es elevado en comparación con lo que se tarda en llenar un depósito de combustible a un turismo de CI. Todas estas limitaciones se superan poco a poco con la evolución tecnológica, y ya hay modelos como el Tesla Model S P90D con una capacidad en las baterías de 90 kWh y es capaz de recorrer más 500 km con una sola carga. En un supercargador tesla de 120 kW se puede recargar el 50% de la batería en 20 minutos, el 80% en 40 minutos y el 100% en 75 minutos.

3.5.1. Eficiencia Energética y contaminación

En cuanto al consumo energético de los vehículos eléctricos se observa que presentan un ahorro significativo en energía primaria que depende principalmente de la eficiencia del propio motor eléctrico frente al motor de combustión interna y a la eficiencia del mix de generación eléctrica. En la Figura 3.15 se muestra un ejemplo comparativo del rendimiento energético de los vehículos eléctricos puros frente a los vehículos diesel (mayor rendimiento que los gasolina), que sitúa el incremento de la eficiencia de la cadena energética cerca del 8% en las situaciones más desfavorables (centrales de generación eléctrica de bajo rendimiento). En el caso del sistema eléctrico español, hay que resaltar la fuerte presencia de la generación renovable durante el 2015, que representó el 37,4%.

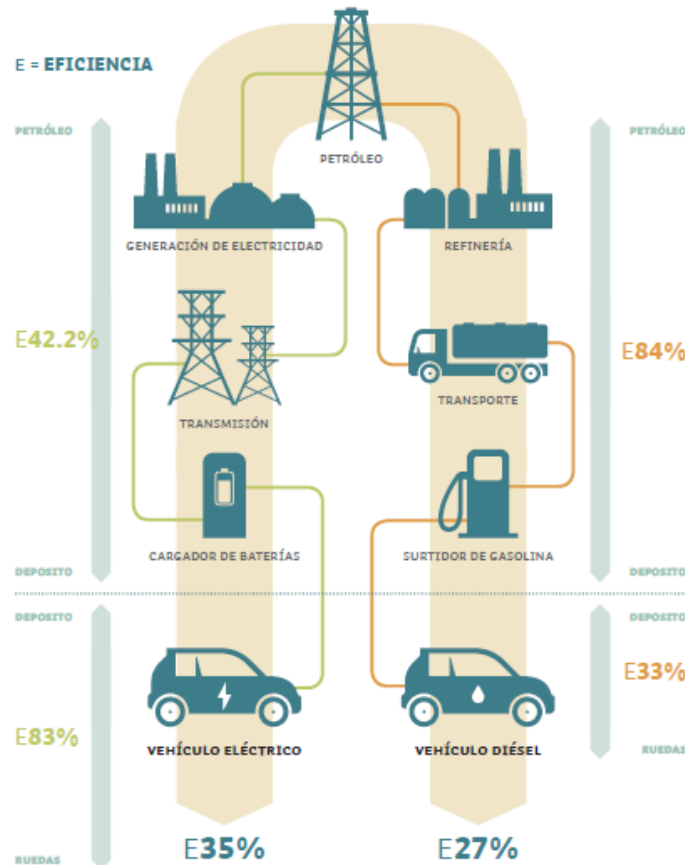


Figura 3.15. Comparativa de rendimiento energético de los vehículos eléctricos y diésel [17]

Para el modelo de negocio que se quiere implantar en la ciudad de Barcelona he utilizado en varias ocasiones el Seat Mii como coche ejemplo, actualmente Seat no dispone de ningún vehículo eléctrico puro, pero dentro del grupo Volkswagen está el Volkswagen e-UP, que comparte plataforma con el Seat Mii y son prácticamente iguales. Así que lo voy a utilizar de ejemplo para los vehículos eléctricos. Dispone de un motor de 40 kW (54 CV), baterías de iones de litio de 18,7 kWh que ofrecen una autonomía de 160 kilómetros y un consumo según el ciclo NEDC de 11,7 kWh/100km. Su precio es 26.300 €, que con los descuentos de la marca, el concesionario y el plan MOVEA se queda en 20.800 €.

Partiendo del consumo medio de 11,7 kWh/100km, se obtiene la energía necesaria para que el vehículo recorra 1 km:

$$\frac{0,117kWh}{1km} \cdot \frac{3600kJ}{1kWh} = 421,2 \frac{kJ}{km} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Seguidamente se considera que la eficiencia de un motor eléctrico más los componentes mecánicos es de un 83% aproximadamente, por lo tanto la energía útil que hace falta para recorrer 1 km es de:

$$421,2 \frac{kJ}{km} \cdot 0.83 = 349,6 \frac{kJ}{km} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Sobre la contaminación local, el vehículo eléctrico puro reduce al 100% las emisiones de los tubos de escape (aunque no reduce las PM10 producidas por el desgaste de componentes del vehículo), con los beneficios para la salud que esto comporta. No obstante se pueden producir emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero, allí donde se genere la electricidad. La mejora en emisiones asociada al VE frente al VCI dependerá en gran parte de la tecnología de generación utilizada para producir la energía eléctrica para recargar los VE, del consumo del vehículo eléctrico y del tipo de trayecto que se realice. En este sentido se observa que las emisiones de CO₂ por km son nulas en el supuesto que la energía utilizada sea de origen renovable o nuclear, que representan el 59,1% de la energía generada durante 2015.

El ese año el mix de generación eléctrica de España, emitió 302 g de CO₂/kWh generado. Estas emisiones específicas por kWh, dan lugar a que un vehículo eléctrico del estilo VW e-UP que tiene un consumo de 11,7 kWh/100km, con el mix de generación eléctrica actual presente unas emisiones de 38,4 gCO₂/km (considerando que el rendimiento de la recarga de la batería es de un 92%), cifra muy inferior a la de cualquier vehículo actual de gasolina o gasoil. A pesar de que esta cifra de emisiones es muy baja, el objetivo final de usar vehículos eléctricos es recargarlos con energía 100% renovable, evitando realmente la generación de gases contaminantes. [18]

Si nos fijamos en el grado de contaminación acústica, aquí se ve claramente un punto a favor de los VE, que son mucho más silenciosos que los de combustión interna. También hay que analizar el ciclo de vida completo de todos los componentes de los vehículos eléctricos, principalmente el reciclado de las baterías.

3.6. ¿Cuál es la mejor energía alternativa?

De entre todas las tecnologías energéticas explicadas anteriormente, para decidir cuál es la mejor opción para el carsharing de vehículos respetuosos con el medio ambiente en Barcelona, he decidido centrar mi decisión en un balance entre, rentabilidad económica, eficiencia energética, infraestructura actual, contaminación atmosférica y acústica.

Se descarta claramente los vehículos que utilizan combustibles fósiles (gasolina, diesel e híbridos) ya que son los causantes de la situación en la que nos encontramos. El GNC también se descarta aunque es viable económicamente como se ve en el ejemplo (2,32€/100km), ya que la infraestructura actual es prácticamente nula, sigue produciendo

emisiones contaminantes locales aunque menores que en los vehículos de gasolina y diesel y la contaminación sonora no se reduce.

El GLP le sucede prácticamente lo mismo que al GNC, a pesar de ser rentable económicamente (3,35€/100km), tiene un potencial energético inferior a la gasolina y diesel, la infraestructura actual no es suficiente, sigue contaminando localmente aunque menos que en los vehículos de gasolina y diesel y la contaminación acústica no se reduce.

Sobre los biocombustibles considero que no son combustibles viables para usar de forma masiva. El Bioetanol no es rentable económicamente ya que el precio del litro es mucho más elevado que la gasolina y teniendo un potencial energético inferior consume más litros para recorrer la misma distancia. Además de esto la infraestructura actual es casi inexistente y contamina también localmente la atmosfera y acústicamente. Al Biodiésel le sucede algo parecido, económicamente tampoco es rentable, la infraestructura es mínima, las emisiones son en general inferiores a las de los vehículos diesel, a excepción de los óxidos de nitrógeno y acústicamente no hay mejoría.

Del hidrógeno se ha podido ver que claramente si es una posible solución, ya que las emisiones contaminantes son cero a nivel local, los vehículos se propulsan con un motor eléctrico lo que conlleva una reducción sonora muy alta. El problema está en la baja densidad energética por unidad de volumen, de forma que si queremos mejorar la densidad energética hay que trabajar a elevadas presiones o almacenarlo en forma líquida o solida. Estas formas de almacenamiento están en pleno desarrollo. También hay que comentar que no hay infraestructura de recarga de Hidrógeno en España y vehículos como el Toyota Mirai no se venden nuestro país por este motivo, además su precio supera los 65.000 €, por estos motivos se desestima esta opción aunque en un futuro puede ser interesante.

Así que considero que los vehículos eléctricos a batería o puros, son la opción idónea para montar el modelo de negocio en Barcelona, ya que ayudan a eliminar completamente la contaminación atmosférica a nivel local y a reducirla o ser nula en el lugar de generación eléctrica si se hace con energías renovables, y la reducción sonora también es importante. Energéticamente se ha demostrado que es la solución con mayor rendimiento a nivel general. Económicamente sería viable ya que el precio del kWh hace que el coste cada 100 km sea muy inferior al de un vehículo de combustión interna. La infraestructura de puntos de recarga en Barcelona no es la deseada pero se encuentra en una posición ventajosa en comparación con el resto de tecnologías analizadas, además de cara al futuro la infraestructura tiene grandes ventajas ya que cualquier ciudadano puede disponer de un enchufe en su garaje para recargar su vehículo eléctrico.

4. Vehículo eléctrico

4.1. Historia

Por desconocimiento se cree que los vehículos eléctricos se han inventado recientemente debido a que no se ha extendido su comercialización hasta hace muy pocos años, pero realmente el coche eléctrico fue uno de los primeros automóviles que se desarrollaron, incluso anteriores a los vehículos de motor de cuatro tiempos de Diesel (ciclo Diesel) y Otto (ciclo Otto).

Todo comenzó en 1821 cuando Michael Faraday demostró el principio de la conversión de la energía eléctrica en energía mecánica por medios electromagnéticos. Hizo girar un alambre (al suministrarle corriente eléctrica) que se extendía hacia un recipiente de mercurio y en el centro había un imán. En 1828 el físico Ányos Jedlic de Hungría construyó en primer prototipo de motor eléctrico usando electroimanes para las piezas inmóviles y que rotaba y en 1834 se desarrolla por Thomas Davenport el primer motor eléctrico alimentado por baterías.

Alrededor del año 1838 Robert Davidson construyó la primera locomotora movida sin carbón, capaz de alcanzar los 6km/h, y sobre el año 1839 fue cuando se inventó el primer vehículo eléctrico por el escocés Robert Anderson, usando un carruaje con baterías no recargables.

A finales del siglo XIX aparecieron las primeras baterías recargables, hecho que provocó un aumento de la fabricación de este tipo de vehículos. En 1881 el francés Charles Jeantaud construyó el Tilbury, el primer vehículo alimentado por baterías recargables, aunque aquel viaje solo duró 100 metros porque se incendiaron las baterías. En 1891 William Morrison fabricó uno de los primeros vehículos eléctricos en los Estados Unidos de América, con una potencia de 4 CV y una autonomía de 80km.

Justo antes de llegar a 1900, los vehículos eléctricos realizaron registros de velocidad y autonomía notables, entre ellos destacó la ruptura de los 100 km/h de Camille Jenatzy el 29 de abril de 1899 con el coche “La Jamais Contente”, con 105,88 km/h.

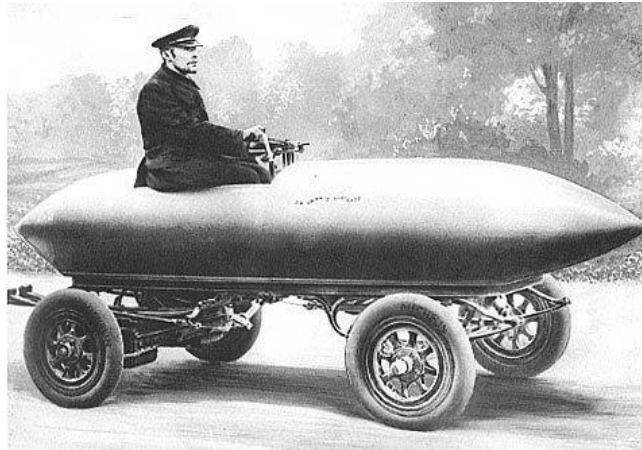


Figura 4.1. La Jamais Contente [19]

En aquella época los vehículos eléctricos eran los más vendidos, superando a los de vapor y gasolina que eran más ruidosos, contaminantes y más difíciles de conducir y arrancar.

El 1898 el español Emilio de la Cuadra fundó la primera empresa de fabricación de coches (Compañía General de Coches Automóviles E. de la Cuadra Sociedad en Comandita). Diseñaron vehículos eléctricos conjuntamente con los suizos Carlo Vellini y Marc Charles Birkigt Anen, que opcionalmente montaban un motor de gasolina que se encargaba de recargar las baterías constantemente (híbrido en serie). Los acumuladores eléctricos dieron problemas y no tuvieron éxito, así que en 1901 por motivos económicos cerraron. En 1904 reaparecieron nuevamente con la fábrica Hispano-Suiza, que continuaría la producción de vehículos y motores de aviación pero de combustión interna.

En 1899 un empleado de Jacob Lohner & Co, fue el primero en diseñar un coche híbrido que consistía en un motor de gasolina que giraba a velocidad constante, alimentando una dinamo, para cargar unas baterías eléctricas. Su nombre era Ferdinand Porsche y tenía 24 años. La energía almacenada se utilizaba para mover los motores eléctricos situados en el eje delantero. Se considera el primer coche híbrido de producción del mundo y el primero de tracción delantera, tenía 64 km de autonomía sólo con las baterías. Se fabricaron 300 unidades del Lohner-Porsche y catapultó a Porsche como ingeniero.

Pero los avances realizados en los motores de combustión y sus prestaciones, así como factores sociales, económicos relacionados con la explotación del petróleo, ayudaron a impulsar este tipo de vehículos, en contra de los eléctricos. Una fecha muy importante en el sector de la automoción fue 1908, cuando Henry Ford creó el Ford T, que fue el primer vehículo de producción en serie, lo que hizo abaratar los costes, llegándose a vender más de 15 millones de unidades. Estos avances dotaron a los vehículos de combustión de mayor autonomía, más velocidad y menores costes que los vehículos eléctricos, lo que hizo que desaparecieran prácticamente durante varias décadas.

No fue hasta la década de los 70 con la crisis del petróleo, que las marcas se animaron a impulsar nuevamente los vehículos eléctricos. Un ejemplo fue el XP-883 de General Motors, que presentó en 1969 su primer vehículo Plug-in (híbrido enchufable). Disponía de un motor de corriente continua que actuaba en el vehículo hasta alcanzar los 16 km/h, en ese momento entraba en funcionamiento el motor de gasolina. Los problemas en conseguir suficiente capacidad en las baterías hicieron que fracasaran los vehículos eléctricos nuevamente.

En la década de los 90 debido al encarecimiento del petróleo y el aumento en la sensibilidad por el medio ambiente, hacen desarrollar nuevamente al vehículo eléctrico. En 1990 en California se aprueba la ley que obligaba a los fabricantes a disponer de modelos con cero emisiones. En 1996 General Motors vuelve a ser pionero y presenta el Experimental Vehicle 1 (EV1), un vehículo eléctrico con una autonomía de 113km en la primera versión y que llegaba a los 257km en la última versión producida. El EV1 se comercializaba únicamente bajo la modalidad de arrendamiento financiero o contrato de leasing.

Se comercializaron un total de 1.117 vehículos hasta que en 1999 se detiene la fabricación. GM concluyó que los EV1 ocupaban un nicho de mercado no rentable y en 2002 cancela el programa y recupera todos los vehículos, sin opción a compra por parte de los clientes. GM argumentó que lo hizo porque tenía que cumplir normativas relativas a mantenimiento, recambios y responsabilidad civil. La mayor parte de los EV1 fueron achatarrados y unos 40 se entregaron a museos e instituciones académicas previamente desactivados y con el compromiso de no reactivarlos ni conducirlos en las vías públicas (El único EV1 funcional fue donado a la Smithsonian Institution, que solo acepta vehículos en funcionamiento). Los entusiastas de los coches eléctricos, grupos verdes y los antiguos arrendatarios acusaron a GM de autosabotaje y también acusaron a las petroleras de conspirar para echar de las carreteras a los vehículos eléctricos.

En 1997 se revoluciona el mercado del motor con la producción en serie y venta al público del Toyota Prius, un modelo híbrido con motor de gasolina y uno eléctrico de corriente continua de 30 kW. Actualmente se comercializa, pero ya van los la cuarta generación

En el 2003 la ley de cero emisiones californiana se deroga, más la presión de la industria petrolera hace que se detenga el progreso del vehículo eléctrico, aunque poco a poco se han ido vendiendo en pequeños porcentajes vehículos híbridos, posteriormente híbridos enchufables con mayor autonomía y actualmente se venden en España varios modelos 100% eléctricos con autonomías de hasta 500km, es el caso del Tesla Model S P90D.

4.2. Baterías

Las baterías o acumuladores son dispositivos que permiten el almacenamiento de energía eléctrica por medio de procesos electroquímicos. Las necesidades crecientes en potencia de los vehículos de CI han ido aumentando a lo largo del tiempo, y con la llegada de los vehículos híbridos en serie, en paralelo, combinados y los eléctricos puros han planteado unas necesidades crecientes en el almacenamiento de la energía.

Las células de la batería pueden adoptar forma prismática, cilíndrica o de plancha y son su parte esencial, determinando su coste y rendimiento, de forma que la mayoría de los esfuerzos investigadores se centran actualmente dirigidos a mejorar este elemento clave. Cada célula consta de un ánodo (electrodo positivo) un ánodo (electrodo negativo) y un electrolito, que separa ambos electrodos y constituye el medio natural para la transferencia de carga dentro de la célula.

La evolución tecnológica de las baterías recargables, ha experimentado un avance notable en los últimos años, pasando de plomo-ácido a níquel-cadmio e incluso a hidruro metálico de níquel (NiMH). Pero la mayoría de ellas aun tienen un peso muy elevado en relación con la poca capacidad de almacenamiento de energía y el tiempo de descarga. Actualmente se están utilizando las baterías basadas en Ion-Litio. No obstante, no es la única posibilidad que existe y, de hecho, las propias baterías de Ion-Litio constituyen una amplia familia de opciones químicas diversas que solo comparten entre sí el Litio como elemento fundamental, pero no el resto de elementos implicados.

Comparando entre los diferentes tipos de baterías que se explican en el anexo B, a día de hoy, las baterías de ion litio son las que ofrecen mejores prestaciones, incluso respecto a las de níquel hidruro metálico, para su aplicación en vehículos eléctricos.

Mientras la potencia de pico podría ser un criterio importante para los vehículos híbridos, la densidad de energía lo es para los VE. Además tenemos otros criterios como el coste, la seguridad, velocidad de recarga, la operatividad a bajas temperaturas (a temperaturas próximas a los 0°C, la potencia disminuye considerablemente como consecuencia del aumento de la resistencia interna de las celdas) y la reciclabilidad.

El presente es de las baterías de iones de litio, aunque en breves años es previsible que se sustituyan progresivamente por baterías de Litio-Aire, Aluminio-Aire y baterías de polímero de grafeno, que como se puede ver en el anexo B, tienen densidades energéticas muy superiores, permiten igualar y superar las autonomías actuales de los vehículos de combustión interna, reducir el tiempo de recarga, reducir los costes de las baterías y reducir el peso y volumen que ocupan.

4.3. Tipos de recarga

En cuanto a los tipos de recargas en las baterías de los vehículos eléctricos, comúnmente las clasifican por su velocidad de forma simple en lentas y rápidas. Esta clasificación no es lo suficientemente amplia para dar una información precisa de los tipos de recargas que hay actualmente en uso, por este motivo en este proyecto se clasificarán en 4 tipologías: recarga lenta o convencional, recarga semi-rápida, recarga rápida y recarga muy rápida.

El tiempo que se tarda en recargar las baterías depende principalmente de la potencia de recarga (velocidad de recarga) y de la capacidad de las baterías del vehículo eléctrico. Actualmente la mayoría de vehículos eléctricos que hay en el mercado ofrecen la posibilidad de recarga convencional y recarga semi-rápida. Algunos modelos además permiten una recarga rápida, mientras la recarga muy rápida es mínima y está actualmente en fase de investigación, el más conocido es el supercargador Tesla.

- **Recarga Lenta o Convencional:** La carga convencional monofásica en AC emplea la intensidad y voltaje eléctricos del mismo nivel que la propia vivienda, es decir 16 amperios y 230 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 3,7 kW.

Con este nivel de potencia, el proceso de recarga (de 0 a 100%) de una batería de unos 20 kWh tarda unas 8 horas. Esta solución es óptima, fundamentalmente para recargar el vehículo durante la noche en un garaje de la vivienda unifamiliar o garaje comunitario.

Para conseguir que el vehículo eléctrico sea una realidad y teniendo en cuenta el sistema eléctrico Español, es la recarga óptima desde el punto de vista de eficiencia energética, ya que permite recargar durante la noche, cuando hay una menor demanda energética (horas valle).

- **Recarga Semi-Rápida:** La carga semi-rápida emplea 32 amperios y 230 V en AC. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto para este tipo de cargas es de aproximadamente 7,3 kW. Con este nivel de potencia, el proceso de recarga (de 0 a 100%) de una batería de unos 20 kWh tarda unas 4 horas.
- **Recarga Rápida:** La recarga rápida emplea una mayor intensidad eléctrica y, además, entrega la energía en corriente continua, obteniéndose una potencia de salida del orden de 50kW. La recarga de esos 20 kWh de baterías puede llevar una media hora. Lo usual para conservar la vida de la batería, es recargarla hasta el 80% en una recarga de este tipo.

Estas tipo de recargas deben ser concebidas como extensión de autonomía o cargas de conveniencia. Las exigencias a nivel eléctrico son mayores que en la recarga convencional. Lo que puede implicar la necesidad de adecuación de la red eléctrica existente. Por poner una referencia, la potencia requerida para este tipo de instalaciones es comparable a la de un edificio de 15 viviendas.

- **Recarga Muy Rápida:** Apenas se usa y debe considerarse algo todavía experimental. Actualmente los fabricantes están desarrollando este tipos de recargas y Tesla es la única que a día de hoy los tiene al mercado, son puntos de recarga de hasta 120 kW y en unos 20 minutos se puede recargar el 50% de las baterías del tesla model S P90D de 90 kWh de capacidad.

Esta solución desde el punto de vista del cliente, se asemeja más a sus hábitos actuales de repostaje con un vehículo de combustión.

En este sentido se observa que casi la totalidad de los vehículos eléctricos tendrán que disponer de un punto de recarga asociado que les permita recargar las baterías durante el periodo de tiempo que se encuentren estacionados (principalmente durante las noches). Adicionalmente, también será necesario la presencia de puntos de recarga de acceso público que proporcionen seguridad de suministro a los usuarios del VE, y que permitan en un futuro la movilidad desde núcleos urbanos a destinos más alejados.

4.4. Conectores

En la actualidad no hay un conector estándar único a nivel mundial para la recarga del VE, hay una gran variedad de conectores, con diferentes tamaños y características. A esto hay que añadir que los vehículos eléctricos se pueden recargar de forma lenta con enchufes domésticos, también se pueden recargar de forma semi-rápida con conectores industriales con corriente alterna trifásica a diferentes tensiones y amperajes y finalmente también se pueden recargar con enchufes de carga rápida y muy rápida en corriente continua, con mayor tensión y amperaje todavía en estaciones especiales.

Estos tres niveles de enchufes (domésticos, industriales y los de corriente continua) antes de llegar los vehículos eléctricos, ya eran diferentes entre sí en las diferentes normativas internacionales, cosa que se ha trasladado al vehículo eléctrico.

Por este motivo, varias organizaciones internacionales como la Sociedad Internacional de Ingenieros del Automóvil (SAE) y la Asociación de Fabricantes Europeos (ACEA) han intentado simplificar el panorama, intentando estandarizar en un solo conector para VE los sistemas de carga alterna (monofásica, trifásica) y continua, para todas las potencias e

intensidades posibles. Así se ha desarrollado el conector combinado o CCS, con un subtipo para Norteamérica (COMBO 1) y otro para Europa (COMBO 2).

A esto hay que añadir que no todos los fabricantes de estos dos continentes han aceptado utilizarlo aún, y mucho menos los del continente asiático. Japón tiene su conector de recarga rápida, el CHAdeMO y China tiene el GB/T. Cada país presiona por imponer los suyos como estándar internacional, por ejemplo, instalando en Europa más puntos de recarga CHAdeMO que CCS COMBO 2.

Por si no fuera suficiente con todo esto, hay fabricantes de VE como Tesla, que van por su propio camino, paralelos a las políticas nacionales y acuerdos internacionales y lanzan su propio conector y su propia red mundial de estaciones de recarga.

Estas políticas partidistas e individualizadas no hacen más que perjudicar la implantación de una sólida infraestructura de recargas para el VE y que el usuario final encuentre más problemas de los necesarios en decantarse por la compra de un vehículo eléctrico. Entre estos problemas encontramos el de compatibilidad. Cuando queremos recargar nuestro VE fuera de casa, nos podemos encontrar problemas como: No hay un enchufe convencional de 230V (Schuko) para nuestro cargador básico, o que el enchufe específico disponible para el VE no es compatible con el de mi vehículo, o que el enchufe si es compatible pero la tarjeta de activación que tiene el punto de recarga no es interoperable con la que dispongo. Lo que implica la necesidad de suscribirse a varias operadoras, para poder tener servicio.

Si nos centramos en los estándares internacionales existentes para conectores específicos del VE, vemos que están regulados por un conjunto de normas IEC (Comisión Electrotécnica Internacional). La norma IEC 62196 es un estándar internacional para conectores de recarga para vehículos eléctricos, esta hace referencia a los conectores de uso industrial (IEC 60309) y a los modos de recarga (IEC 61851) y establece como aptos para la recarga de vehículos eléctricos, además del conector convencional, al Tipo 1 o Yazaki, al Tipo 2 o Mennekes, al CCS (Combo 1 y 2) y al CHAdeMO.

En enero de 2014 se aprobó la norma IEC 61851-23 que establece los requerimientos para los sistemas de recarga rápida en corriente continua, y la IEC 61851-24 que define la comunicación digital entre el cargador rápido CC y el vehículo eléctrico. Los 3 sistemas aprobados como estándares internacionales para la recarga del VE en CC son: CHAdeMO propuesto por Japón, GB/T propuesto por China y COMBO1 propuesto por EEUU y COMBO2 propuesto por Alemania.

Frente a la “idealización” de un estándar único a nivel mundial, varios países han llegado a una tregua (Países Bajos y otros países de Europa), estableciendo como regla que todos

los puntos deben ser interoperables (respecto a sus redes de tarjetas de carga) y al menos los de carga rápida, deben ser multiformato (respecto a conectores). Estos cargadores multiformato incluyen normalmente 3 tipos de conectores de propósito específico (CHAdeMO, CCS Combo 2 y Mennekes) más al menos 1 de propósito general o 230V (Schuko).

A continuación se detallan los diferentes conectores utilizados para la recarga del VE:

- **Conector tipo Schuko:** Responde al estándar CEE 7/4 Tipo F y es compatible con las tomas de corriente europeas. Tiene dos bornes (fase L1 y neutro N) y toma de tierra (PE) y soporta corrientes de hasta 16 A, solo para recarga lenta y sin comunicación integrada.

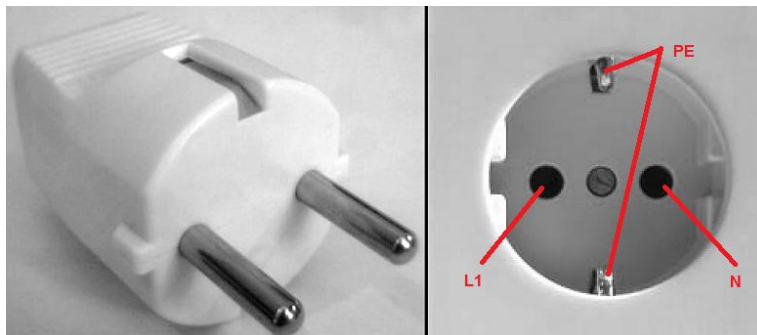


Figura 4.2. Conector Schuko [20]

- **Conector Tipo 1 (SAE J1772):** A veces conocido también como Yazaki. Es un estándar norteamericano y es específico para vehículos eléctricos. Tiene cinco bornes, los dos de corriente (L1 y N), el de tierra (PE) y dos complementarios, de detección de proximidad (CS) el coche no se puede mover mientras esté enchufado y el de control (CP) comunicación con la red. Puede funcionar en AC 120V 1,4kW 12A / AC 120V 1,9kW y 16A o AC 230V hasta 19,2 kW y 80 A.

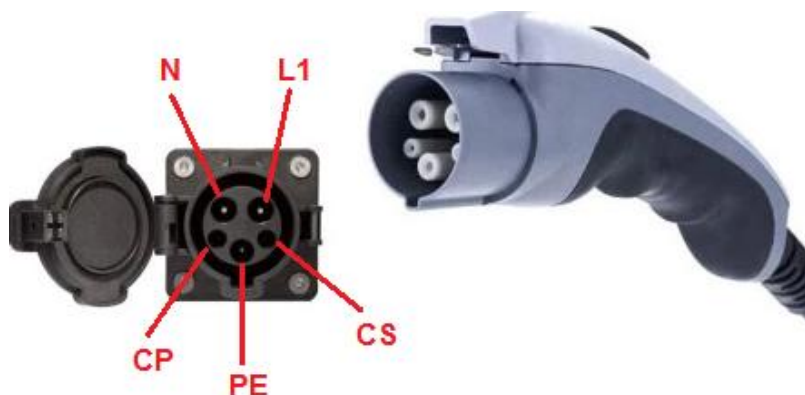


Figura 4.3. Conector Tipo 1 o SAE J1772 [20]

- **Conector Tipo 2 o Mennekes:** Es un conector desarrollado por la empresa alemana Mennekes con la colaboración de RWE y Daimler. Es conocido técnicamente como VDE-AR-E 2623-2-2. La Asociación Europea de Constructores, ha acordado que sea el estándar europeo. Tiene siete bornes, los cuatro para corriente trifásica (L1, L2, L3 y N), el de tierra (PE) y dos para comunicaciones (CP y PP). Es compatible con todos los modos de carga en CA, Modo 2 y especialmente Modo 3, siendo este último modo con este conector la combinación favorita de la UE. Se puede usar para corrientes monofásicas de 16A y trifásicas de hasta 63 A, voltajes de 100 V a 500 V y potencias de 3,7 kW hasta 43,5 kW.



Figura 4.4. Conector Tipo 2 o Mennekes [20]

- **Conector Tipo 3 o Scame:** Nacido en 2010 por la alianza llamada “EV Plug Alliance”, formada por el fabricante italiano Scame, el alemán Schneider Electric y el francés Legrand, está principalmente apoyado por los fabricantes franceses. Hoy en día su uso es muy minoritario. Admite corriente monofásica y trifásica de hasta 32 A a 400 V y una potencia de 22 kW, y es bastante más económico que sus rivales. Posee obturadores de protección que impiden el acceso a los bornes, además de bloqueo de clavija y tapa. Hay diferentes modelos de 4, 5 o 7 pines según la potencia necesitada. Tiene siete bornes, los cuatro para corriente trifásica (L1, L2, L3 y N), el de tierra (PE) y dos para comunicaciones (CP y PP).

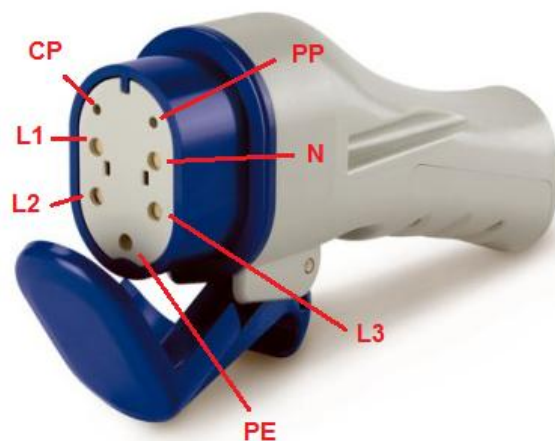


Figura 4.5. Conector Tipo 3 o ScaMe [20]

- Conector combinado CCS:** Se ha propuesto por norteamericanos y alemanes como solución global para la recarga en CC. Hay dos modelos, el primero es el americano (Combo 1), que en la parte superior tiene conexión Tipo 1 o SAE J1772 (AC) y en la inferior conexión DC, y el segundo es el europeo (Combo 2), es un conector tipo 2 o Mennekes (AC) en la parte superior y en la inferior tiene un conector DC. Tiene 5 bornes, dos de potencia (DC+, DC-), el de tierra (PE) y dos para comunicaciones (CP y PP/CS). Este sistema de recarga combinado fue aprobado en 2011 por siete fabricantes (Audi, BMW, Daimler, Ford, General Motors, Porsche y Volkswagen). Las ventajas de este conector es que admite recargas lentas, semi-rápidas, rápidas y muy rápidas. Se puede recargar en AC 1 fase, AC 3 fases, DC en casa y DC carga muy rápida en la calle de hasta 100 kW (200-500 V, 200 A).

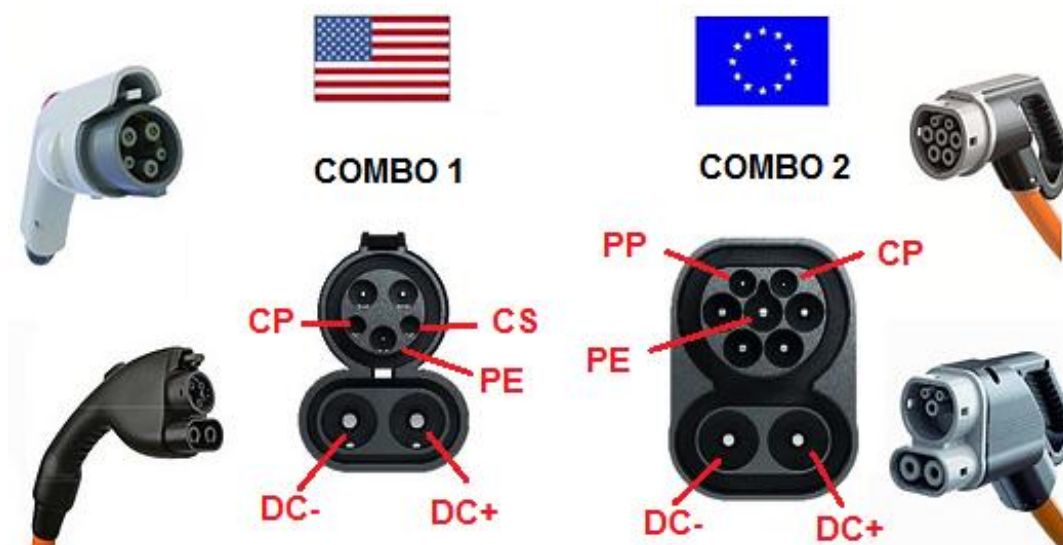


Figura 4.6. Conector CCS COMBO 1 y CCS COMBO 2 [20]

- **Conector CHAdeMO:** Es el estándar de los fabricantes japoneses, ha sido desarrollado por una asociación de fabricantes formada por TEPCO, Mitsubishi, Nissan, Toyota y Fuji, de quien depende Subaru. Está pensado específicamente para recarga rápida en corriente continua, es decir en modo 4. Tiene 10 bornes, (2 de potencia, 7 de señal y 1 sin asignación) la comunicación con la red se realiza mediante CAN BUS. Admite hasta 200 A de intensidad, 500 V y 62,5 kW. Es el de mayor diámetro, tanto el conector como el cable. Normalmente su proceso de carga comienza a 110 A hasta alcanzar el 50% de la capacidad de la batería, tras esto sigue a 44 A hasta el 80% y finaliza a 14 A.

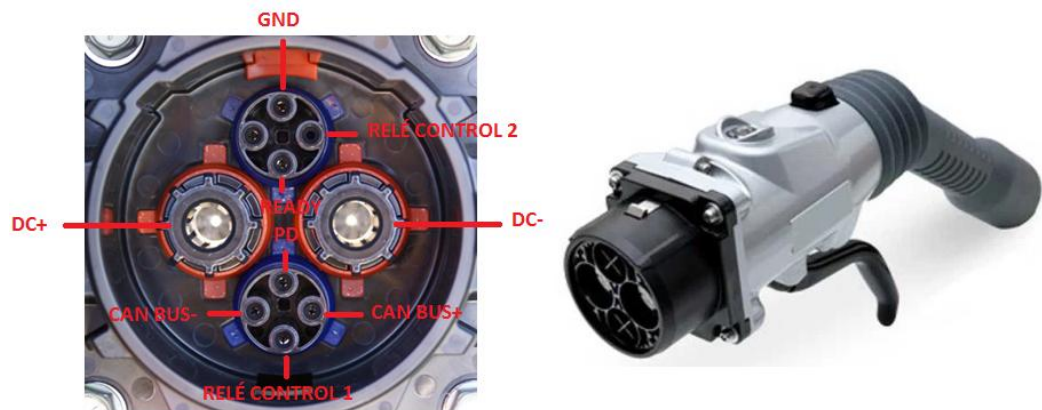


Figura 4.7. Conector CHAdeMO [20]

- **Conector GB/T:** China también sacó su propio formato de carga en AC y DC (GB/T 20234), y logró incluirlo en las normas internacionales IEC 61851-23 y -24 como uno de los 3 diferentes sistemas aprobados como estándares internacionales de carga en DC. Puede funcionar como máximo a 32 A y 400 V en CA y 125 A y 750 V en DC. El conector de AC tiene 7 bornes y el de DC tiene 9. La comunicación en este conector se realiza por CAN BUS, a diferencia de la mayoría que se realiza por PLC.



Figura 4.8. Conector GB/T AC y DC [21]

- **Conector TESLA HPWC:** El nuevo fabricante de coches eléctricos Tesla, después de ver que no hay manera de ponerse de acuerdo en un conector estándar, sacó no solo su propio formato de conector, sino también su propia red mundial de supercargadores (de mayor potencia y velocidad que cualquier otro). Los modelos Tesla Model S que se venden en Europa traen un conector compatible con el tipo 2 o mennekes, pero no es un conector mennekes. Realmente en el interior sigue teniendo el conector tesla lo que permite recargar el vehículo a 250 A y 120 kW.

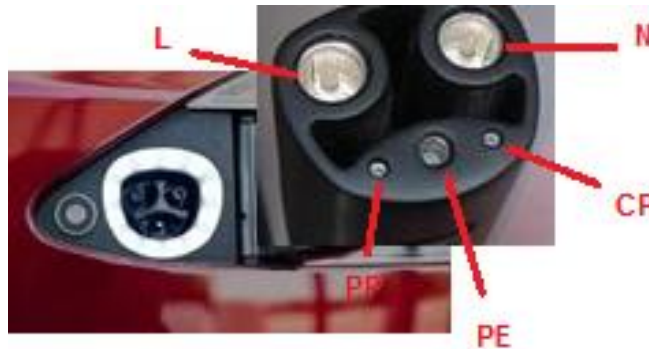


Figura 4.9. Conector Tesla [22]

4.5. Modos de carga

Los modos de carga tienen que ver con el nivel de comunicación entre el vehículo eléctrico y la infraestructura de recarga. De acuerdo con el estándar IEC 61851 las recargas de vehículos eléctricos se pueden realizar de cuatro modos distintos:

- **Modo 1:** La recarga se lleva a cabo en una toma de corriente monofásica o trifásica de uso no exclusivo, sin comunicación con la red y a una intensidad máxima de 16A por fase y una tensión de 230/400V en España. Este tipo de instalación permite una potencia máxima de 3,7/11 kW. Por un lado tenemos el enchufe convencional en la pared (conector Schuko), y en el otro extremo tenemos el vehículo con su conector específico, que dependerá del modelo elegido por el fabricante. Está considerado un modo de recarga ideal para pequeños vehículos eléctricos, como bicicletas, ciclomotores, pero no es aconsejable para coches eléctricos debido a que este modo no tiene protección y está homologado hasta 16A durante un máximo dos horas. Para cargar un vehículo eléctrico necesitamos ocho horas y corremos el riesgo de que se funda el conector.

- **Modo 2:** Al igual que en el modo 1, la toma de corriente es estándar (conector schuko) de uso no exclusivo. Supone un avance porque tiene un grado bajo de comunicación con la red, ya que el cable cuenta con un dispositivo intermedio de control piloto con protecciones que permite: La verificación de conexión correcta del vehículo a la red, la comprobación continua de la integridad del conductor de tierra, la activación/desactivación del sistema y la selección de la velocidad de carga.

La conexión del Vehículo Eléctrico a la red se realiza a través de tomas de corriente monofásicas (la intensidad máxima teórica permitida es de 32A, siendo 16A lo más habitual y 3,7 kW de potencia) o trifásicas (400V y alrededor de 22 kW). En el lado de la pared el conector es de tipo Schuko, mientras que en el lado del coche este puede ser de diversos tipos, siendo los más usados el Mennekes (o Tipo 2) y el SAE J1772. Estos conectores deben tener al menos un pin de comunicación.

En la actualidad es el modo más habitual en la recarga vinculada, ya que la mayoría de los fabricantes incluyen de serie el cable con la unidad de carga al comprar el vehículo. Por razones de seguridad no se suelen sobrepasar los 10-13A ya que las recargas duran varias horas. Este modo es el estándar hasta el año 2017, a partir de entonces la UE quiere que lo sea el Modo 3.

- **Modo 3:** Este modo utiliza una toma de corriente especial de uso exclusivo para la recarga del vehículo eléctrico. Se trata de un terminal de recarga (conocido como Wall Box) que dispone de un sistema de alimentación específico para vehículos eléctricos, donde las funciones de control y protección están al lado de la instalación fija de forma permanente. Ofrece un grado elevado de comunicación con la red. Este terminal monitoriza la carga y corta el suministro eléctrico al enchufe cuando no detecta un conector. Ambos extremos del cable cuentan con conectores específicos, aunque algunos Wall Box llevan integrado el conector del lado de la infraestructura de recarga.

La velocidad de la carga es superior que en los modos 1 y 2, permite intensidades de hasta 63A, aunque lo normal son 32A. Se está trabajando en desarrollar prototipos de hasta 250A. Se trata de un modo de carga recomendado por los fabricantes de vehículos y gestores de carga por su seguridad y capacidad de carga en diferentes niveles, además debido a la tecnología que emplea permite la recarga inteligente y favorece el surgimiento de la Smart Grid (red inteligente, que regula de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella, de tal forma que se asegure un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro), de ahí que la UE quiera promocionarlo.

- Modo 4:** Aporta un elevado nivel de comunicación con la red. El vehículo se conecta a la red de alta tensión a través de una estación de recarga, conocida como electrolinera. En el interior del poste de recarga se realiza la conversión de corriente alterna a corriente continua, así como las funciones de control y protección y el cable de recarga también están instalados en la infraestructura de forma permanente. Al recargar en Europa con corriente continua, los conectores que podemos encontrar son el CHAdeMO y el CSS Combo. El modo 4 es exclusivo para la recarga rápida, con intensidades de hasta 400A y potencia máxima de 240 kW. Por sus características, este tipo de instalaciones son de gran tamaño y excesivamente caras.

Los tiempos de recarga dependen de la capacidad de la batería y de la potencia en que se realiza la recarga, pero en un vehículo con capacidad en las baterías de 20 kWh, pueden ir desde las 8h en modos 1 y 2, hasta los 10 min en modo 4.

La carga lenta (modos 1, 2 y 3 de baja intensidad) es ideal para recargar el vehículo en garajes comunitarios, en garajes unifamiliares, en aparcamientos de oficinas, en aquellos lugares donde el vehículo vaya a estar estacionado durante un periodo largo de tiempo. Pero ¿qué pasa si un usuario necesita cargar el vehículo y no dispone de mucho tiempo? para ello, se están instalando puntos de recarga semi-rápida (Modo 3 de alta intensidad) y rápidos (Modo 4), en centros comerciales, parking públicos, vías públicas, estaciones de servicio,... que permiten al usuario hacer una recarga en poco tiempo y poder recorrer mayores distancias.

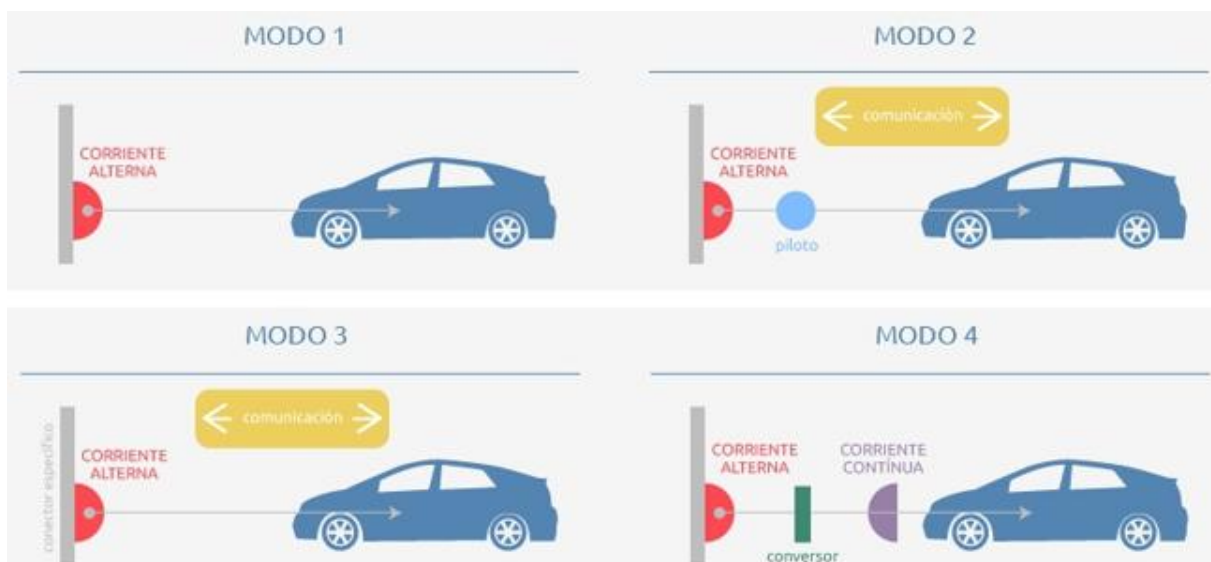


Figura 4.10. Modos de recarga del VE [23]

4.6. Infraestructura y normativa

Según las políticas europeas y en particular según la Directiva 2014/94/UE, los Estados miembros de la Unión Europea deben velar porque se cree un número apropiado de puntos de recarga accesibles al público. A título indicativo, el número adecuado de puntos de recarga deberá ser equivalente, al menos, a un punto de recarga por cada 10 vehículos.

El 31 de Diciembre de 2014 se aprobó el Real Decreto 1053/2014, el que se aprueba una nueva Instrucción Técnica Complementaria (ITC) BT 52 “Instalaciones con fines especiales. Infraestructura para la recarga de vehículos eléctricos”, del reglamento electrotécnico de baja tensión, aprobado por Real Decreto 842/2002, del 2 de Agosto y se modifican otras instrucciones técnicas complementarias al mismo.

Las disposiciones de esta instrucción se aplicarán a las instalaciones eléctricas incluidas en el ámbito del Reglamento electrotécnico para baja tensión con independencia de si la titularidad es individual, colectiva o corresponde a un gestor de cargas, necesarias para la recarga de los vehículos eléctricos en lugares públicos o privados, tales como:

- Aparcamientos de viviendas unifamiliares o de una sola propiedad.
- Aparcamientos o estacionamientos colectivos en edificios o conjuntos inmobiliarios de régimen de propiedad horizontal.
- Aparcamientos o estacionamientos de flotas privadas, cooperativas o de empresa, o los de oficinas, para su propio personal o asociados, los de talleres, de concesionarios de automóviles o depósitos municipales de vehículos eléctricos y similares.
- Aparcamientos o estacionamientos públicos, gratuitos o de pago, sean de titularidad pública o privada.
- Vías de dominio público destinadas a la circulación de vehículos eléctricos, situadas en zonas urbanas y en áreas de servicio de las carreteras de titularidad del Estado previstas en el artículo 28 de la Ley 25/1988, de 29 de Julio, de Carreteras.

Esta situación no es aplicable a los sistema de recarga por inducción, ni a las instalaciones para la recarga de baterías que produzcan desprendimiento de gases durante su recarga.

En el Anexo C, se describen los diferentes esquemas para la recarga de vehículos eléctricos.

4.7. Incentivos para impulsar el VE

Existe una apuesta clara por parte de España y la Unión Europea en dar más importancia y protagonismo a los combustibles alternativos que a los fósiles en el ámbito del transporte. Se parte del convencimiento que estas tecnologías de transporte, representan una oportunidad en el sector energético, el de automoción, comunicaciones... y que con el actual contexto económico requieren de unos incentivos para promover su uso. A continuación se clasifican en ayudas a la compra de vehículos, ayudas instalación PDRs, ahorro de costes y soporte a las flotas.

Ayudas a la compra de Vehículos:

- **Plan MOVEA:** El Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente como el Ministerio de Industria, Energía y Turismo han creado el Plan de Impulso a la Movilidad con Vehículos de Energías Alternativas (MOVEA 2016) aprobado en el Consejo de Ministros el 26 de junio de 2015, atendiendo al elevado coste que todavía tienen este tipo de vehículos a día de hoy respecto a los vehículos convencionales. El plan MOVEA 2016 tiene un presupuesto de 16,6 millones de euros, que se distribuyen en 13,3 millones para vehículos eléctricos y puntos de recarga y 3,3 millones de euros para el resto (quedan exentos de estas ayudas los vehículos de pila de combustible de hidrógeno). Si nos centramos en la cuantía de las ayudas de los turismos eléctricos, es de 2.700 € si tiene una autonomía entre 15 y 40 km, de 3.700 € si está entre 40 y 90 km y de 5.500 € si es superior a 90 km.


Categoría	Homologación	MMTA (kg)	Autonomia (km)	Potencia batería (kWh)	Ayuda Estatal (€)	Ayuda Estatal adicional (con achatarramiento) (€)	Ayuda concesionario (€)	Ayuda concesionario adicional punto recarga VE (€)	Limite precio venta (€)
M1 Turismos	GLP o bifuel	-	-		1.100,00 €	750,00 €	1.000,00 €	-	10.000,00 €
	GN o bifuel			2.500,00 €	25.000,00 €				
	PHEV, EREV, EV		Entre 15 y 40	2.700,00 €	-		1.000,00 €	32.000,00 €	
			Entre 40 y 90	3.700,00 €					
			Mayor de 90	5.500,00 €					
N1 Furgonetas y camiones ligeros	GLP o bifuel	Menor de 2500	-		2.000,00 €	1.000,00 €	-	-	
	GN o bifuel	Mayor o igual 2500			3.000,00 €				
		Menor de 2500			2.500,00 €				
		Mayor o igual 2500			5.500,00 €				
	PHEV, EREV, EV	-		Mayor de 60	8.000,00 €				-
M2 Autobuses, N2 camiones ligeros	GLP, GN o bifuel	-	-		10.000,00 €	-	1.000,00 €	-	
M3 Autocares, N3 camiones	PHEV, EREV, EV	-	Mayor de 60	8.000,00 €	-		1.000,00 €		
	GLP, GN o bifuel	Menor de 18000	-		10.000,00 €		-	-	
	PHEV, EREV, EV	Mayor o igual 18000	-	20.000,00 €	-		1.000,00 €		
		-	Mayor de 60	-	-		1.000,00 €		
L6e cuadriciclos ligeros	EV	-	-		1.950,00 €	-	-	150,00 €	-
L7e cuadriciclos pesados	EV	-	-		2.350,00 €	-	-	-	-
L3e, L4e, L5e Motocicletas	EV	-	Mayor de 70	Mayor o igual a 3 y menor a 4,5	1.500,00 €	-	-	-	8.000,00 €
				Mayor o igual a 4,5	2.000,00 €				
Bicicletas eléctricas	EV	-	-		200,00 €	-	-	-	-
Infraestructura recarga VE	Semirrápida	-	-		2.000,00 €	-	-	-	
	Rápida	-	-		15.000,00 €	-	-	-	

Tabla 4.1. Cuantías y condiciones del Plan MOVEA 2016 [24]

- **Subvención taxis:** El departamento de Territorio i Sostenibilidad de Cataluña otorgó durante el año 2015 ayudas por valor de 150.000 € para la adquisición de taxis eléctricos y de muy bajas emisiones de NO_x y partículas, con el objetivo de reducir la contaminación local vinculada a la movilidad urbana. 80.000 € estaban destinados a la adquisición de taxis eléctricos, concretamente en 4.000 € a los 20 primeros taxis que han solicitado esta ayuda, además de la ayuda del plan MOVEA que concede 5.500 € a los VE, haciendo un total de 9.500 € en ayudas.
- **Subvención motos eléctricas:** El 1 de Octubre de 2015 el Instituto Catalán de Energía de la Generalitat de Cataluña puso en marcha la ayuda AME (Adquisición de motocicletas y ciclomotores eléctricos) tanto para familias como para flotas. El presupuesto era de 200.000 €. En el caso de flotas la ayuda era del 30% del coste de adquisición con un máximo de 2.000 € por motocicleta y 1.000 € por ciclomotor. En caso de ser para un único beneficiario la ayuda era del 20% del coste de adquisición con un máximo de 1.500 € por motocicleta y 750 € por ciclomotor.
- **Impuesto de matriculación:** En España los vehículos matriculados que emiten menos de 120 gCO₂/km están exentos de pagar el impuesto de matriculación. En este grupo entran los vehículos eléctricos porque emiten 0 gCO₂/km.

Ayudas a la infraestructura:

- **Plan MOVEA:** Como se ha explicado anteriormente además de ayudar en la compra de vehículos eléctricos también incluye ayudas para la instalación de puntos de recarga. El presupuesto para la instalación de puntos de recarga (PDRs) para vehículos eléctricos es de 1 millón de euros para los puntos de recarga semi-rápida y 3,5 millones de euros para los puntos de recarga rápida. En cuanto a las ayudas para la infraestructura del VE son de 1.000 € para el punto de recarga vinculado, 2.000 € para el punto público de recarga semi-rápida y 15.000 € para el punto público de recarga rápida.
- **Gestor de cargas:** En mayo de 2011 se reguló por el Real Decreto 647/2011 la actividad del gestor de cargas, que permite a aquellas empresas o entidades registradas como gestores de carga, a comprar la energía eléctrica a las compañías comercializadoras o directamente en el mercado de electricidad y revenderla posteriormente a otros usuarios para que recarguen los vehículos eléctricos. De esta forma por ejemplo, los centros comerciales, aparcamientos públicos u otros tipos de empresas o entidades pueden ofrecer el servicio de recarga de VE como un servicio o producto más a sus clientes y usuarios. El listado actual de gestores de carga se encuentra disponible en la web de la comisión nacional de los mercados y la competencia (CNMC).

- **Tarifa Vehículo Eléctrico (2.0 DHS):** Inicialmente llamada tarifa Súper Valle, fue sustituida el 1 de abril de 2014 debido a los cambios de regulación eléctrica. Las antiguas tarifas de último recurso (TUR) fueron sustituidas por el Precio Voluntario del Pequeño Consumidor (PVPC). Las tarifas PVPC son la 2.0 A, 2.0 DHA y 2.0 DHS, y se basan en un mercado mayorista y es Red Eléctrica Española (REE) la que fija el precio de las 24 horas del día y lo publica el día anterior a partir de 20:30h en su página web o app.. Pueden acceder a estas tarifas cualquier usuario que tenga suministro de baja tensión, con una potencia contratada inferior a 10 kW y tenga instalado el nuevo contador “inteligente” para que se les facture por el consumo real, al precio del mercado a cada hora.

La tarifa 2.0 DHS o tarifa vehículo eléctrico tiene discriminación horaria de 3 periodos tarifarios al día. El periodo tarifario P1 (hora punta) tiene una duración de 10 h/día (13h-23h), el periodo tarifario P2 (llano) tiene una duración de 8 h/día (0-1h de 7-13h y 23-24h) y el periodo tarifario P3 (valle) tiene una duración de 6 h/día (1-7h).

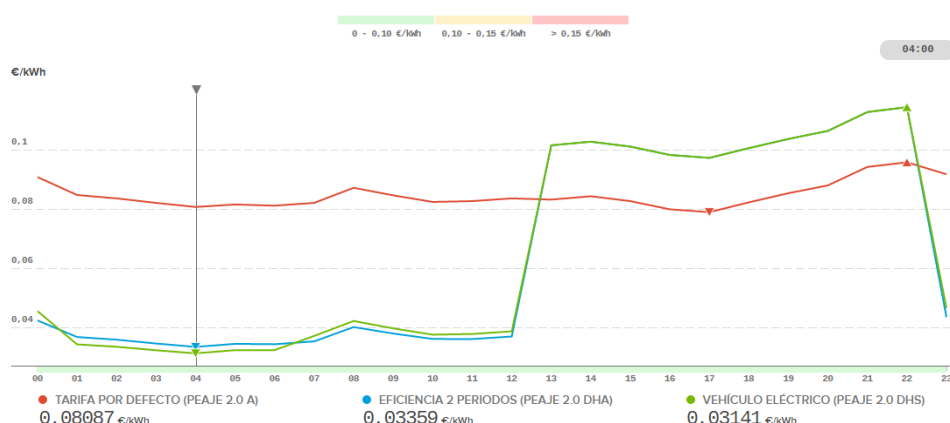


Figura 4.11. Precio del kWh en las tarifas PVPC el día 16/05/2016 [25]

Esta tarifa permite a los usuarios recargas más económicas en horario valle, al tiempo que ofrece al sistema eléctrico la posibilidad de mejorar su eficiencia global mediante un aplanamiento de la curva de demanda. Con ello se estima que podrían atenderse las necesidades de hasta 5 millones de vehículos eléctricos sin necesidad de aumentar la potencia de generación.

- **Instalación PRDs en edificios y aparcamientos:** Según el RD 1053/2014 en los edificios y aparcamientos de nueva construcción deberá incluirse la instalación eléctrica específica para la recarga del vehículo eléctrico. En aparcamientos de flotas privadas, cooperativas o de empresa, depósitos municipales y en aparcamientos públicos permanentes, deberán de realizarse las instalaciones necesarias para suministrar una estación de recarga por cada 40 plazas.

Ayudas Ahorro de costes

- **IVTM:** El ayuntamiento de Barcelona hace un descuento del 75% en el Impuesto sobre Vehículos de Tracción Mecánica a los vehículos eléctricos.
- **Bonificación tarifas aparcamiento en zonas reguladas:** En la ciudad de Barcelona los propietarios de vehículos eléctricos pueden estacionar a tarifa 0€ en las zonas reguladas de la ciudad: azul y verde (a excepción de la zona verde exclusiva para residentes). Para tener derecho, se debe solicitar la tarjeta del vehículo eléctrico e introducir la tarjeta en el parquímetro más cercano y obtener un ticket a tarifa 0€ para el tiempo máximo que permite la regulación (2 h).
- **Bonificación recarga energética:** En la ciudad de Barcelona hay diversos puntos de recarga en la vía pública. En la mayoría de ellos es necesario disponer de la tarjeta del vehículo eléctrico (que identifica a cada usuario) y permite recargar los vehículos eléctricos a tarifa 0 €. También hay puntos de recarga en los aparcamientos subterráneos BSM, donde solo se paga por el estacionamiento
- **Peajes gratuitos:** En Cataluña algunos peajes ofrecen un descuento del 100% para los vehículos eléctricos, aplicado de lunes a viernes (no festivos) y con modo de pago VIAT. Los peajes adheridos son: en la C-16 (Túnel Vallvidrera, Les Fonts y Manresa) en la C-32N (acceso Alella, acceso Premià, barrera Vilassar, acceso Sant Andreu de Llavaneres, acceso Sant Vicenç de Montalt, acceso Arenys de Mar, barrera Arenys de Mar, barrera Santa Susana y barrera Mollet del valles) y en la C-32S (barrera Garraf-Vallcarca, acceso Cubelles, barrera Cubelles y acceso Calafell).
- **Carril bus-VAO:** El carril bus-VAO de la C-58 es una infraestructura entre Ripollet y la avenida meridiana para promover el transporte público y la movilidad sostenible y reducir las congestiones que hay en hora punta. Tiene una longitud de 6 km, dos carriles (uno para cada sentido) y pueden circular a una velocidad máxima de 90 km/h autobuses, turismos con 2 o más ocupantes, vehículos ecológicos (eléctricos), motocicletas y vehículos de personas con movilidad reducida.



Figura 4.12. Vehículos autorizados a circular por el carril bus-VAO [26]

5. Modelos de negocio e infraestructuras existentes sobre el VE

5.1. En España

5.1.1. Madrid

Madrid tiene una población de 3.141.991 habitantes, su superficie es de 605 km², hay registrados 1.860.273 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 11,8 km.

El Vehículo eléctrico es una realidad en Madrid que poco a poco está ganando peso en la movilidad de las zonas urbanas y que se perfila como la herramienta perfecta para mejorar la calidad local del aire.

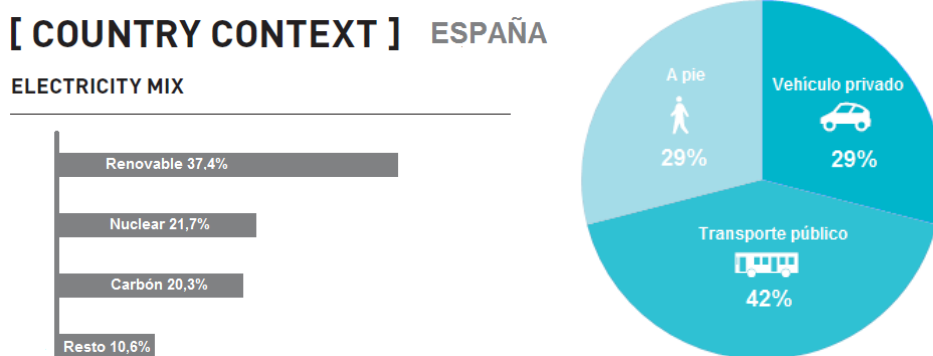


Figura 5.1. Mix eléctrico de España y distribución de la movilidad en Madrid

España ha tomado varias medidas para incentivar la compra de los vehículos eléctricos, como el Plan MOVEA, exención del impuesto de matriculación... Además el ayuntamiento de Madrid ofrece incentivos como la bonificación del 75% en el impuesto a los vehículos de tracción mecánica (IVTM), exención del pago y de la limitación horaria del Servicio de Estacionamiento Regulado (SER), libre acceso a áreas de Prioridad Residencial (APRs) y para vehículos industriales y comerciales con Autorización Cero Emisiones que realizan operaciones de carga y descarga en estas áreas, se les amplía en 5h el horario.

Infraestructura

Los puntos de recarga municipales cuentan con reserva de estacionamiento asociada, lo que significa que solo pueden estacionarse durante un máximo de 2h aquellos vehículos eléctricos que estén realizando una recarga. Una vez finalizada deben dejar libre dicha

plaza para que la pueda usar otra persona. Para poder usar estos puntos de carga se necesita la tarjeta de alguno de los operadores (IBIL y GIC). Si contamos todos los puntos de recarga, hay unos 100 en la ciudad de Madrid. Prácticamente el 50% son con conector Schuko y el otro 50% con conector Mennekes. Hay 2 puntos de recarga con conector CHAdeMO y uno con conector CCS Combo 2. Como comentario se puede ver que hay varios puntos de recarga (un 10% aproximadamente) que se encuentran averiados o fuera de servicio. Algunos son gratuitos y otros son de pago.

El operador IBIL ofrece su tarjeta prepago con un coste de 10€ (8€ se acumulan en la tarjeta), las recargas se pueden hacer con múltiplos de 5€ desde la web, con el código QR de tu tarjeta o llamando por teléfono y se descuenta la cantidad de euros consumida en cada recarga en función del precio del kWh. El operador GIC ofrece su tarjeta prepago a coste 0€ y las recargas tienen un coste de 0,46 €/kWh, además por 1€ permite reservar un punto de recarga.

Focalización en el VE

- **BiciMAD:** Es el sistema público de alquiler de bicicletas eléctricas puesto en marcha el 23 de Junio de 2014. Cuenta con 165 estaciones, 4.116 anclajes y 2.028 bicicletas. La tarjeta de socio anual cuesta 25 €/año (15 € si se posee la Tarjeta Transporte Público). El coste de los 30 primeros minutos de uso es de 0,50 €, los siguientes bloques de 30 min tienen un coste de 0,60 €/bloque y a partir de las 2 h de uso a 4 €/h. Además se ofrecen descuentos de 0,10 € por: coger una bici en una estación con alta ocupación (superior al 70%), por dejar una bicicleta en una estación de baja ocupación (inferior al 30%) y por reservar base en la estación de destino a través del tótem o la app BiciMad. También se puede usar estas bicicletas sin ser socio, disponiendo la tarjeta ocasional, pero las tarifas en este caso son: primera hora o fracción 2 €, segunda hora o fracción 4 €, si se excede de las 2 h de uso, a 4 €/h o fracción y las bonificaciones se mantienen respecto al abonado anual.



Figura 5.2. Estación del servicio de BiciMAD [27]

- **CAR2GO:** Es una empresa muy conocida a nivel Europeo ya que ofrece sus servicios en varias ciudades. Desde Diciembre de 2015 en la capital de España hay disponible un nuevo modelo de negocio en el alquiler de turismos eléctricos. El coche es un Smart fortwo eléctrico, con una autonomía de hasta 135km. Ser cliente tiene un coste inicial de 19 €, el precio por usarlo es 0,19 €/min, con un máximo de 50 km de recorrido, a partir de esta distancia tiene un sobre coste de 0,29 €/km. También hay la posibilidad de alquilarlo por un máximo de 24h a 59 €/día.



Figura 5.3. Modelo Smart ForTwo de CAR2GO Madrid [28]

5.1.2. Barcelona

Barcelona tiene una población de 1.604.555 habitantes, su superficie es de 102.15 km², hay registrados 981.580 vehículos y cada día se realizan 6.500.000 de desplazamientos.

Barcelona tiene una alta densidad de población 15.686,6 hab./km el triple que en la ciudad de Madrid. La movilidad principalmente es con bicicletas o caminando. Representan un porcentaje muy importante los desplazamientos realizados con transporte público, gracias a las diferentes posibilidades que se ofrecen y el resto de desplazamientos se realizan con vehículos privados, de los cuales el 40% es con ciclomotores y motocicletas.

[COUNTRY CONTEXT] ESPAÑA

ELECTRICITY MIX

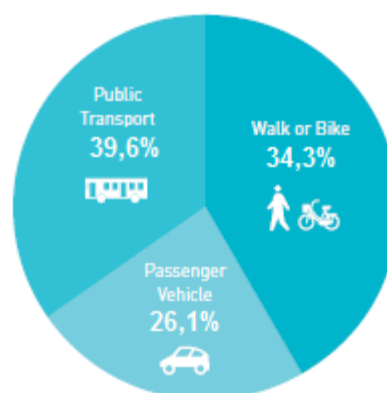
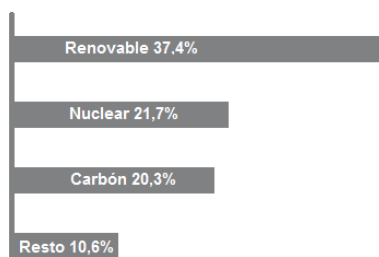


Figura 5.4. Mix eléctrico de España y distribución de la movilidad en Barcelona [29]

En Barcelona se creó la plataforma público-privada Live que está abierta a todas aquellas entidades relacionadas con la movilidad sostenible, fundamentalmente vehículos eléctricos y de GNC, con el objetivo compartido de desarrollar proyectos, políticas estratégicas, nuevos modelos de negocio y crear una red de conocimiento.

Infraestructura

La situación actual de la ciudad de Barcelona es muy buena si la comparamos con cualquier otra ciudad de España, ya que es la ciudad que dispone de más puntos de recarga y también más puntos de recarga rápida. El número de puntos de recarga en un radio de 25 km de la ciudad condal es de 175, de los cuales 63 tienen conector Schuko, 31 tienen conector Mennekes, 25 con conector CHAdeMO y 17 CCS Combo 2. La gran parte de los puntos de recarga rápida combinan los conectores CHAdeMO, CCS Combo2 y Mennekes.

La gran mayoría de los puntos de recarga son públicos y para su uso es necesario disponer de la tarjeta LIVE Barcelona. Los puntos de recarga públicos son gratuitos pero las recargas rápidas se limita a 30min. Los puntos de recarga privados como los del operador IBIL, se necesita disponer de su tarjeta para poder recargar el VE. El operador IBIL ofrece los mismos servicios y costes que en la ciudad de Madrid.

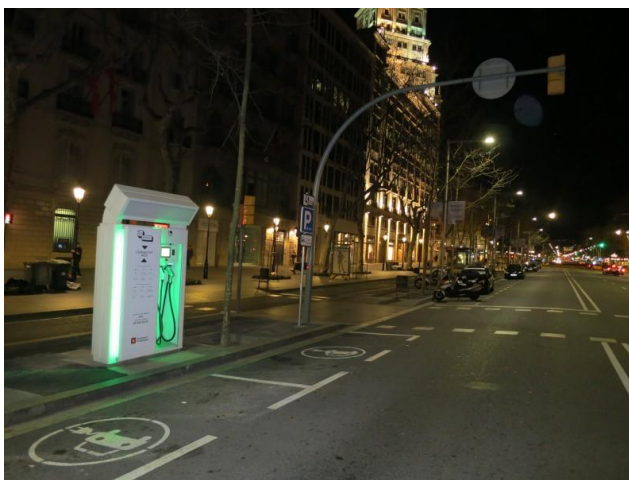


Figura 5.5. Punto de recarga rápida en Passeig de Gràcia (TRIO) [30]

Focalización en el VE

- **If Renting:** Es una empresa situada en Plaza Catalunya que alquila por horas el modelo eléctrico Renault Twitzy. Sus principales clientes son los turistas aunque también está disponible para cualquier ciudadano de Barcelona. Disponen de un total de 18 vehículos y se pueden recoger en su base de Plaza Catalunya o con un

coste extra se entrega en el hotel que se desea, incluye un GPS con las mejores rutas para el turista y la tarjeta para poder recargar el vehículo en cualquier punto de recarga público. Ofrecen dos tarifas, la primera es la tarifa Turista y tiene un coste de 21€ por una hora de uso, 36€ por dos horas, 40€ por tres horas, 45€ por cuatro horas, 50€ por cinco horas, 60€ por 1 día (de 9 a 21h) y 75€ por 24 horas. También tiene las tarifas prepago, que con 60€ se disponen de 10h de alquiler y por 100€ de 20h de alquiler.



Figura 5.6. Renault Twitzy de If Renting [31]

- **eCooltra:** Es una empresa de alquiler de motos eléctricas compartidas (Motosharing), que dispone de 250 unidades del modelo Govecs, con una velocidad limitada a 45 km/h y disponen de un casco bajo el asiento. Todas las motos están geo-localizadas y conectadas por 3G y GPS. Para poder utilizarlas es indispensable estar registrado en su página web, una vez registrado hay que descargarse la app y localizar la motocicleta más cercana y reservarla. Al llegar a ella se desbloquea pulsando INICIAR en la app, te pones el casco e inicias tu trayecto. Al llegar a tu destino, debes aparcar la moto dentro de la zona de devolución establecida (cubre aproximadamente todo el centro, pero no el 100% de toda la ciudad) y estacionarla en un lugar correcto, y pulsar FINALIZAR en la app. Tiene un coste de 0,24 €/min, sin cuota de inscripción, ni mensual.



Figura 5.7. Modelos Govecs de eCooltra [32]

- **Bicing eléctrico:** El bicing es el transporte urbano basado en el uso compartido de la bicicleta inaugurado en 2007. Desde diciembre de 2014 se complementa este servicio con el bicing eléctrico que estará en fase de pruebas hasta el año 2017, para dar servicio a usuarios que realizan desplazamientos largos y ascendentes. Actualmente hay 41 estaciones en aparcamientos y 5 en superficie. Para poder usar este servicio hay que disponer de la tarjeta de usuario que tiene un precio de emisión de 4,54 € (IVA incluido), hay que pagar el abono anual de 47,16 € que permite usar el bicing, más un abono anual de 14 € para poder usar el bicing eléctrico, haciendo un total de 61,16 €/año. El precio por usar el bicing eléctrico es de 0,45 € por los primeros 30 min de cada viaje y el resto de fracciones de 30 minutos hasta las 2h tienen un coste de 0,80 €. Si no se entrega la bicicleta eléctrica antes de las dos horas, tiene una penalización de 5 €/h o fracción de hora.

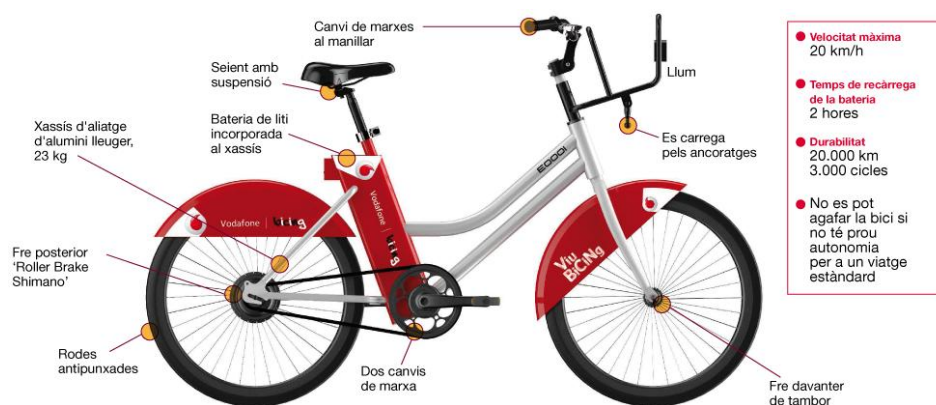


Figura 5.8. Características de la bicicleta del Bicing eléctrico de Barcelona [33]

5.2. En Europa

5.2.1. París (Francia)

París tiene una población de 2.240.621 habitantes, su superficie es de 105,4 km², hay registrados 739.000 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 6,1 km.

Francia es uno de los primeros países Europeos que ha plantado cara a los vehículos de combustión interna ya que quiere reducir las emisiones contaminantes de los vehículos de gasolina y diesel. En dos ocasiones, concretamente el 17 de Marzo de 2014 y 23 de Marzo de 2015, París restringió el acceso al centro de la ciudad a los vehículos en función del número de matrícula debido a la mala calidad del aire por alta concentración de dióxido de nitrógeno.

A partir del 1 de Julio de 2016, entró en funcionamiento una nueva restricción de forma permanente para los vehículos que no cumplan la Euro 2. Los turismos matriculados antes del 1 de enero de 1997, las motocicletas y ciclomotores matriculados antes del 1 de junio de 1999, los vehículos comerciales ligeros matriculados antes del 1 de octubre de 1997 y los camiones y autobuses matriculados antes del 1 de octubre de 2001, no podrán circular por el centro de la capital gala los días laborables de 8h a 20h. Con esta medida las autoridades francesas prevén que se limite el acceso a un 10% de automóviles. La intención es prohibir totalmente a los vehículos diesel en 2020.

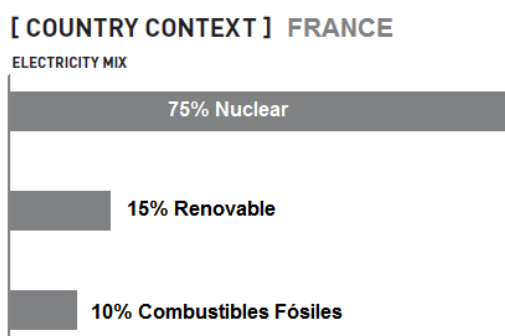


Figura 5.9. Mix eléctrico de Francia

Este año 2016 se ha introducido un nuevo impuesto a los vehículos más contaminantes y estos recursos recaudados van destinados íntegramente a financiar las ayudas a los vehículos eléctricos. Los incentivos para impulsar a los vehículos eléctricos en Francia son de 6.300€ y si se entrega un vehículo diesel con una antigüedad superior a 10 años la ayuda asciende a los 10.000€. La ayuda a los híbridos enchufables es de 1.000€ y a los híbridos de 750€.

Infraestructura

La red de recarga en Francia es mucho más extensa que la Española. Esta red ha sido construida con colaboración público/privada y con intermediación de las provincias. Estas se han involucrado en captar fondos para la instalación de la red de recarga que crece a gran velocidad.

Actualmente en un radio de 25 km de Francia hay 1483 puntos de recarga, 335 puntos de recarga tienen conector Schuko, unos 114 con conector Mennekes, 67 con conector CHAdeMO y 45 con conector CCS Combo 2. Pero lo más sorprendente es que hay 1.226 puntos de recarga que disponen de conector tipo 3 o Scame y 1.032 puntos de recarga con conector tipo 1 o SAE J1772, estos fueron los primeros conectores usados en los vehículos eléctricos y que actualmente incorporan principalmente modelos franceses del grupo PSA y del grupo Renault-Nissan, como el Citroën C-Zero, Peugeot iOn, Renault fluence ZE, Nissan Leaf y el coche bluecar utilizado en el alquiler de Autolib.

Francia también va a tomar medidas sobre las características técnicas y administrativas de los puntos de recarga, es por ello que en marzo de 2015 se creó la AFIREV (asociación Francesa de itinerancia de carga del vehículo eléctrico). Su objetivo es desarrollar la interoperabilidad de los terminales, facilitando el acceso de un abonado de un operador a la infraestructura de carga de otro operador, que sean localizables fácilmente todos los puntos de recarga, que informen de su disponibilidad y tipos de conectores, la posibilidad de hacer reservas y ajustar los precios entre operadores.

Para poner orden el Gobierno francés tiene previsto una regulación general que estará por encima de todas las imposiciones actuales. La recargas de entre 3,7 y 22 kW de potencia, se obliga a disponer de un conector tipo 2 o Mennekes tal y como se describe en la norma EN 62196-2. Para las recarga superiores a los 22 kW se impone el conector CCS COMBO 2, aunque para no discriminar al actual parque de vehículos en Francia y otros conectores de recarga rápida como el CHAdeMO, el decreto obligará a instalar puntos de recarga con los 3 estándares, para cualquier punto que se monte antes del 31 de diciembre de 2024. También obligará a incorporar un enchufe tipo Schuko, en cualquier punto de recarga con el fin de dar servicio a vehículos eléctricos ligeros y de generaciones antiguas.

Focalización en el VE

- **Autolib:** Es un servicio de alquiler de coches eléctricos compartidos que se inauguró en París en diciembre de 2011 por la empresa concesionaria Bolloré y es un complemento al Vélib, que es el alquiler de bicicletas inaugurado en 2007. A finales de 2013 tenía más de 2.000 coches bluecar y más de 105.000 suscriptores; actualmente tiene cerca de 3.000 coches bluecar y unos 4.000 postes de carga.

Para usar los coches eléctricos de Autolib es tan fácil como registrarse online, en los puntos de suscripción o en la sala de exposición. Una vez registrado tan solo hay que acudir a la estación más cercana y con nuestra tarjeta RFID se abre el coche y se desconecta del punto de recarga. Para devolver el coche se puede utilizar el GPS que incorpora el vehículo para seleccionar la estación Autolib más cercana para dejar el vehículo, conectándolo nuevamente a un punto de recarga.

Autolib ofrece 2 tarifas para particulares: la primera denominada “Prêt à rouler” permite usar los coches eléctricos las 24h del día los 7 días de la semana sin cuota mensual y a un coste de 0,30 €/min siendo los primeros 20 minutos una tarifa mínima indivisible, se puede reservar un coche por 1€ y la reserva de la plaza de estacionamiento es gratuita. La segunda tarifa es la “Premium” permite usar los coches eléctricos las 24h del día los 7 días de la semana con una cuota mensual de 10€ y aun coste de 0,20 €/min siendo los primeros 20 minutos una tarifa mínima

indivisible, se puede reservar un coche y la plaza de estacionamiento de forma gratuita. Además Autolib ofrece tarifas para empresas (figura 5.10), con bonos de varias horas semanales y con la posibilidad de usarla por diferentes empleados.

GAMME DE FORFAIT	NOMBRE D'HEURES MENSUELLES	TARIFS MENSUELS HT SUR 12 MOIS	PRIX DE LA MINUTE AU-DELÀ DU FORFAIT HT
FORFAIT PRO 15	15	195€	0,275 €
FORFAIT PRO 25	25	310€	
FORFAIT PRO 50	50	600€	
FORFAIT PRO 100	100	1 180 €	0,275 €
FORFAIT PRO 200	200	2 350 €	
FORFAIT PRO 500	500	5 650 €	
FORFAIT PRO 1000	1000	11 000 €	0,275 €
FORFAIT PRO 2000	2000	21 300 €	

Figura 5.10. Tarifas para empresas ofrecidas por Autolib [34]

5.2.2. Ámsterdam (Países Bajos)

Ámsterdam tiene una población de 813.000 habitantes, su superficie es de 219 km², hay registrados 246.452 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 8,0 km.

En 2020, la ciudad de Ámsterdam prevé que casi todos los kilómetros recorridos se alimenten con energía eléctrica generada por los molinos de viento, paneles solares y plantas de biomasa. Las emisiones contaminantes se reducirán drásticamente, al igual que los costes del transporte eléctrico. En 2020 se espera que haya unos 200.000 vehículos eléctricos en las carreteras y en 2025 cerca del millón.

[COUNTRY CONTEXT] THE NETHERLANDS

ELECTRICITY MIX

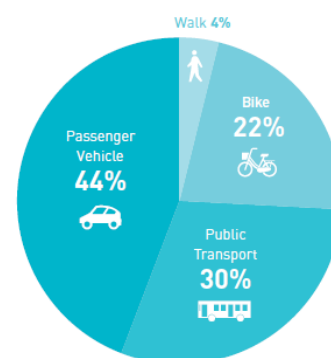
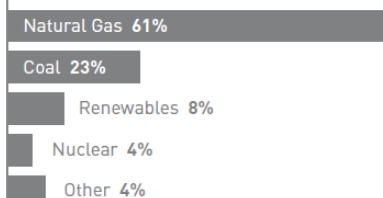


Figura 5.11. Mix eléctrico del país y distribución de la movilidad en Ámsterdam [29]

Se han tomado muchas medidas fiscales para estimular la movilidad eléctrica, como la exención del impuesto BPM (Impuesto matriculación) y del impuesto de circulación. Además de incentivos económicos para la compra de taxis, camiones y vehículos de pasajeros.

Infraestructura

Fue una de las primeras ciudades en instalar un modelo de negocio basado en el vehículo eléctrico, por ese motivo se ha requerido de la modificación y la introducción de nuevas leyes y normativas debido a que era algo innovador a nivel local como mundial. Entre las medidas más importantes cabe destacar la nueva señalización que da información a los ciudadanos de la situación de los puntos de recarga, también es importante conocer la cantidad, ubicación, tipología de los puntos de recarga, así como el sistema de gestión y comunicación entre los gestores de dicho servicio y los usuarios.



Figura 5.12. Señalización de punto de recarga en la ciudad de Ámsterdam [29]

La situación actual según la web chargemap, el número de puntos de recarga en un radio de 25 km, es de 133 puntos con conector Schuko, 767 con conector Mennekes, 23 con conector CHAdeMO y 9 CCS Combo 2. Entre ellos hay 8 puntos de recarga rápida que combinan conectores CHAdeMO, CCS Combo2 y Mennekes. La información sobre su ubicación y la disponibilidad se puede acceder en tiempo real a través de una API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) abierta.

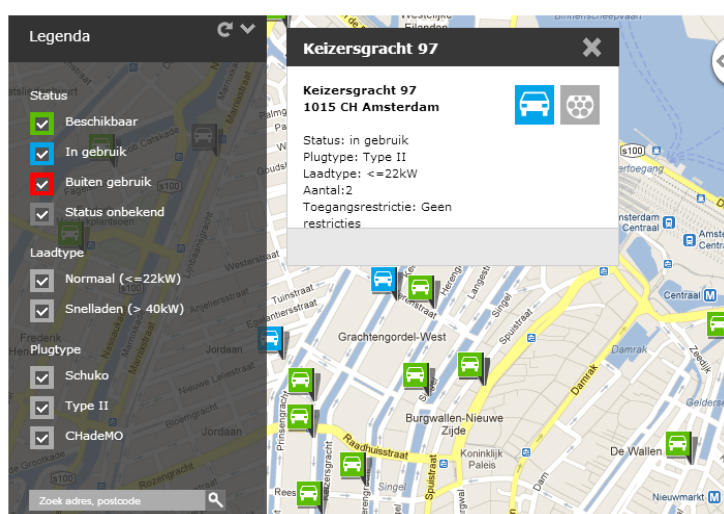


Figura 5.13. Aplicación para localizar los puntos de recarga en Ámsterdam [35]

Focalización en el VE

- **CAR2GO:** En Noviembre de 2011, CAR2GO se lanzó en Ámsterdam con 300 vehículos Smart fortwo EVs. Los vehículos pueden ser recogidos y dejados en cualquier lugar de estacionamiento público dentro de la zona de negocios, sin necesidad de comprometerse con el tiempo de uso o el lugar de devolución. Los vehículos tienen una autonomía de 135 km y un coste de 0,31 €/min, 14,90 €/hora o 69 €/día. Los vehículos están equipados con tecnología telemática que reconoce a cada usuario por medio de una tarjeta. Si cuando termina el viaje la batería se encuentra por debajo del 25% el usuario tiene la opción de recargar el vehículo y se le bonifica con 10 minutos de conducción gratuita. La recarga no es obligatoria en ningún caso. CAR2GO ofrece paquetes mensuales de minutos, por 29 €/mes tienes 115 min (0,26 €/min) y por 69 €/mes tienes 280 min (0,25 €/min).



Figura 5.14. Punto de recarga en la ciudad de Ámsterdam [36]

- **Taxis eléctricos:** Hay 2.500 taxis en Ámsterdam y para reducir la contaminación de la ciudad, en 2011 se introdujeron 10 taxis eléctricos, a mediados de 2012 ya habían 40 en circulación y actualmente tras los incentivos al taxi eléctrico, el número ellos en circulación es muy elevado.

En la ciudad de Ámsterdam hay varias operadoras que gestionan los puntos de recarga, una de las más conocidas es Nuon. Cada operador ofrece varias tarifas y servicios, de forma que cada usuario puede elegir cual se adapta mejor a sus necesidades, incluso si cerca de tu domicilio no hay ningún punto de recarga público, estas compañías tienen acuerdos con los municipios de Ámsterdam y se encargan de instalarte uno.

Nuon ofrece las recargas públicas sin cuota de suscripción y se puede recargar en sus puntos de recarga y en el de otros operadores. Una recarga normal su precio es de 0,3388 €/kWh y una recarga rápida en DC su precio es de 0,28 €/min más 2,75 € de coste inicial.

5.2.3. Brabantstad (Países Bajos)

Brabantstad incluye cinco grandes ciudades metropolitanas: Breda, Hertogenbosch, Tilburg, así como Eindhoven y Helmond. Tiene una población de 2.400.000 habitantes, su superficie es de 5.000 km², hay registrados 1.888.928 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 31,0 km. Las cinco principales ciudades de Brabantstad sufren problemas de congestión y contaminación. Debido a su ubicación central, Brabant juega un papel importante en la logística europea, siendo un escenario ideal para el desarrollo e implementación de soluciones de movilidad eléctrica.

[COUNTRY CONTEXT] THE NETHERLANDS

ELECTRICITY MIX

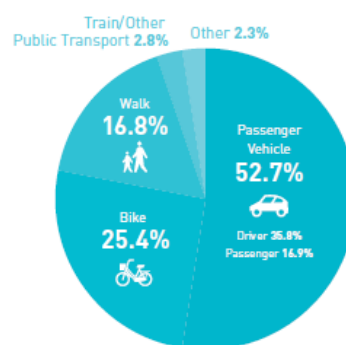
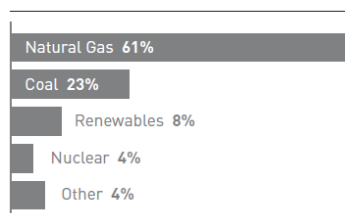


Figura 5.15. Mix eléctrico del país y distribución de la movilidad en Brabantstad [29]

Las medidas impulsadas en la ciudad son 100 millones de euros en inversión pública/privada y beneficios fiscales para los conductores de VE.

Infraestructura

Al igual que en Ámsterdam, la zona de Brabantstad tiene una muy buena infraestructura de recarga del vehículo eléctrico. Son mayoritarias los puntos de recarga con conectores Schuko y Mennekes, y de forma más minoritaria los puntos de recarga rápida en DC CHAdeMO y CCS Combo 2, estos últimos están ubicados principalmente en las grandes ciudades y en las autopistas que las unen, para facilitar los largos desplazamientos. A un radio de 25 km de la ciudad de Eindhoven hay unos 209 puntos de recarga con conector Schuko, unos 219 puntos de recarga con conector Mennekes, 4 puntos de recarga con conector CHAdeMO y 3 con conector CCS Combo 2.

Las principales ciudades de la provincia de Brabant actualmente cuentan con vehículos eléctricos en sus flotas y tienen intención de ir aumentándola progresivamente. Estas ciudades así como las empresas privadas van a ejecutar una política activa para aumentar el número de estaciones de carga de VE. Enexis, un operador independiente de la red y Essent, un proveedor de energía, son pioneros en Brabant.

Focalización en el VE

- **Recarga pública:** La ciudad de Eindhoven ha tomado la delantera en el desarrollo de infraestructura de recarga pública y en la instalación de puntos de recarga públicos en colaboración con la Fundación E-laad, una asociación entre los operadores de redes de energía, que mantienen puntos de recarga públicos a escala nacional. Otras ciudades de la región están siguiendo la estrategia de Eindhoven.
- **Transporte público libre de emisiones:** Con aproximadamente 500 autobuses públicos circulando a través de Brabant cada día. La provincia está organizando una transición a un sistema libre de emisiones del transporte público para el año 2020. En 2011, la provincia contaba con cinco autobuses eléctricos, en 2013 con 15 autobuses y se prevé que a finales de 2016 aumente a unos 80 autobuses eléctricos (40 nuevos autobuses Citea SLFA eléctricos a entregar en diciembre de 2016).



Figura 5.16. Citea SLFA eléctrico [37]

- **Compartiendo la flota:** En el distrito Paleiskwartier de Hertogenbosch, empresas e instituciones locales han creado una flota común con diferentes tipos de vehículos eléctricos y van a probar el primer sistema de recarga por inducción. Este es el primer proyecto holandés en una flota EV compartida.

5.2.4. Berlín (Alemania)

Berlín tiene una población de 3.500.000 habitantes, su superficie es de 892 km², hay registrados 1.300.000 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 20,2 km. Hoy en día, la región de la capital Berlín, Brandemburgo es el laboratorio más grande de electromovilidad y va muy por delante de las demás ciudades alemanas. Los proyectos ejecutados hasta la fecha abarcan desde la movilidad con vehículo eléctrico privado, flotas de empresas, carga eléctrica en camiones, bicicletas eléctricas, etc.

En Brandemburgo y Berlín hay un plan para cubrir el 100% de sus necesidades eléctricas con energías renovables para 2020 y 2030, respectivamente.

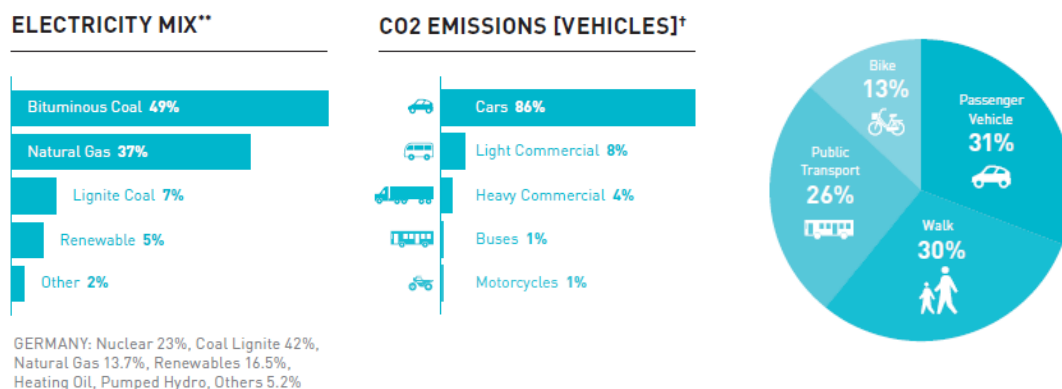


Figura 5.17. Mix eléctrico, distribución de las emisiones de CO₂ y la movilidad en Berlín [29]

Berlín es una ciudad líder en el uso de transportes limpios. Aproximadamente la mitad de los hogares de Berlín no tienen un coche propio. Esto hace unas condiciones favorables para el uso del transporte público o de modelos de negocio como puede ser el vehículo eléctrico compartido. La población aquí es curiosa y abierta a nuevos conceptos de movilidad y productos.

En abril de 2016 el Gobierno Federal y los representantes de la industria del automóvil han acordado subvencionar la compra de vehículos eléctricos con 4.000€ con un precio máximo por vehículo de 60.000€, con el objetivo de llegar al millón de vehículos en 2020. El presupuesto total es de 1.000 millones de euros a repartir en partes iguales entre el gobierno y los fabricantes. Además hay 10 años de exención del impuesto a los vehículos de motor y variación en la fiscalidad de los coches de empresa.

El estado de Berlín ha iniciado la implantación de unidades alternativas a su flota de vehículos y comienza a pasar su flota estatal de vehículos de combustión alterna en vehículos eléctricos, PHEV e híbridos. Se están probando sistemas alternativos de propulsión en los coches patrulla del departamento de la policía de Berlín. En total 11 vehículos propulsados por electricidad, en concreto 2 Opel Ampera, 2 Renault Fluence Z.E, 2 Renault Kangoo Z.E, 2 Mitsubishi i-Miev y 3 unidades del Toyota Prius.

Infraestructura

Uno de los operadores en Berlín es RWE y en 25 km de radio hay 225 puntos de recarga, 60 tienen conector Schuko, 211 conector Mennekes, 17 conector CHAdeMO y 15 conector CCS Combo 2.

La tarifa que ofrece el operador RWE es la RWE ePOWER BASIC (el 100% de la energía procede de fuentes renovables): Tiene un coste mensual de 4,95 € (IVA incluido), el coste es de 0,30 €/kWh en recarga AC y 0,25 €/min en recarga rápida DC.

Focalización en el VE

En Berlín hay en la actualidad muchos proyectos relacionados con el VE algunos de ellos son: el E-bus Berlin, puesto en marcha en Agosto de 2015, la línea 204 es totalmente eléctrica y tiene un sistema de recarga por inducción al final del recorrido, el proyecto SMART E-USER que pretende demostrar el potencial de los vehículos propulsados eléctricamente para un uso comercial dentro de la ciudad, el proyecto BeMobility que tiene entre sus objetivos asegurar la disponibilidad pública de vehículos eléctricos, implementación de estaciones de recarga en lugares públicos, información sobre el transporte, alquiler de coches y pruebas para el e-carsharing.

- **CAR2GO:** El 26 de Abril de 2012, el servicio de Daimler CAR2GO se implantó en Berlín con la mayor flota de vehículos en servicio del mundo. Un total de 1.000 Smart ForTwo están a disposición de los berlineses cubriendo un área de aproximadamente 250 km². El lanzamiento del primer modelo de negocio de CAR2GO forma parte de una *joint venture* entre Daimler y Europcar. El coche elegido fue el Smart ForTwo con motore de combustión con sistema start-stop. Para utilizar los Smart distribuidos por la ciudad lo único que se necesita es estar registrado, para acceder se necesita una tarjeta de usuario y se puede devolver el coche en cualquiera aparcamiento público. El sistema tuvo una gran acogida durante sus primeros días de vida, con más de 2.000 usuarios registrados antes incluso del lanzamiento oficial del servicio. Las áreas incluidas en el servicio son el anillo de circunvalación de Berlín, los suburbios cercanos a la ciudad y los centros de Spandau y Köpenick y las áreas de Marzhan, Hellersdorf, Lichtenrade y Märkisches Viertel. El precio es de 0,29 €/min y 14,90 €/hora. Si aparcas el coche sin devolverlo porque lo vas a coger nuevamente, durante ese periodo de tiempo su coste es de 0,19 €/min. CAR2GO ofrece paquetes mensuales de minutos a un coste menor, por ejemplo por 29€/mes tienes 120 min (0,25€/min) y por 69€/mes tienes 300 min (0,23€/min). Y si el depósito está en reserva y lo rellenas se te bonifica con 10 minutos de conducción gratis.

A los modelos actuales del servicio CAR2GO se les unirán (o remplazarán) por modelos eléctricos en los próximos años. Los costes de utilización de los vehículos eléctricos no serán superiores a sus homólogos de gasolina.

5.2.5. Hamburgo (Alemania)

Hamburgo tiene una población de 5.100.000 habitantes, su superficie es de 755 km², hay registrados 834.000 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 32,0 km. El ayuntamiento de Hamburgo, empresas locales y entidades públicas han contribuido a los planes del Gobierno Federal de Alemania para establecer al país como el principal mercado de la electromovilidad y ser el proveedor mundial líder en vehículos eléctricos y sus componentes.

[COUNTRY CONTEXT] GERMANY

ELECTRICITY MIX

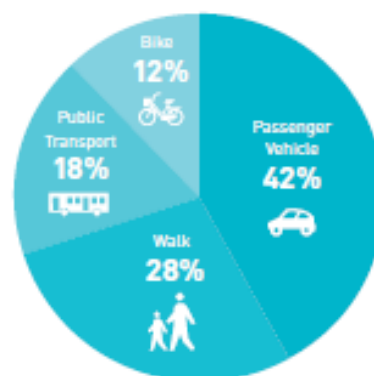
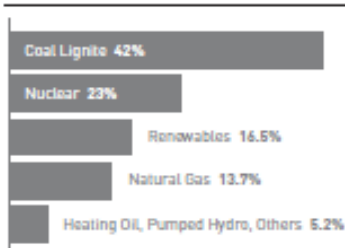


Figura 5.18. Mix eléctrico de Alemania y distribución de la movilidad en Hamburgo [29]

Infraestructura

Con respecto a la infraestructura de recarga, Hamburgo ha construido tres normas vinculantes: Las estaciones de recarga en terreno público tienen que estar acondicionadas al diseño urbano y a la arquitectura de la ciudad. Tienen que ser accesibles para todos los usuarios del VE sin que ello implique una relación de cliente entre el proveedor y el usuario y por último que el 100% de la energía utilizada para la recarga provenga de fuentes renovables.

Actualmente en un radio de 25 km de Hamburgo hay 152 puntos de recarga, 91 tienen conector Schuko, 131 con conector Mennekes, 10 con conector CHAdeMO y 17 con conector CCS Combo 2. La gran parte de ellos combinan conector Schuko y Mennekes.

Entre los operadores más importantes está RWE y Vattenfall. La tarifa que ofrece el operador Vattenfall en Hamburgo no tiene coste mensual. Si se recarga en AC tiene un coste de 0,30 €/kWh, si se hace una recarga rápida en DC a una potencia de 20 kW el coste es de 0,12 €/min y si es a 50 kW el coste es de 0,20 €/min.

Focalización en el VE

- **e-flinkster:** Es una empresa de alquiler de vehículos de todo tipo (compactos, turismos, furgonetas, vehículos eléctricos...) con más de 1.000 estaciones en toda Alemania. El proceso para hacerse socio es muy sencillo: Accediendo a la página web, rellenamos un formulario y lo enviamos por correo electrónico directamente a flinkster, después nos desplazamos a una de las oficinas que tienen por toda la ciudad y nos acreditamos para que se nos facilite la tarjeta cliente, posteriormente podremos encontrar y reservar cualquier vehículo por internet o por la aplicación flinkster para móvil/tableta o también por contacto telefónico. Para abrir el vehículo solo necesitaremos pasar nuestra tarjeta cliente por el lector magnético del vehículo y al devolverlo en la misma oficina donde se coge, se cierra el vehículo de la misma forma. Ser socio tiene un coste inicial de 50€ y la tarifa para conducir el vehículo eléctrico es de 1,5 €/h de 22-8h y de 5 €/h de 8-22h.



Figura 5.19. Vehículo de e-flinkster en un punto de recarga de Hamburgo [38]

5.2.6. Estocolmo (Suecia)

Estocolmo tiene una población de 850.000 habitantes, su superficie es de 188 km², hay registrados 280.000 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 40,0 km.

Estocolmo consta de 14 islas conectadas por 54 puentes y en 2010 fue nombrada la capital verde Europea por la Comisión Europea. La ciudad tiene fuertes condiciones de uso para el vehículo eléctrico: La población es consciente del medio ambiente. El 90% de la energía eléctrica generada proviene de fuentes hidroeléctricas o nucleares. Un sistema de producción de alta capacidad. Los precios de la electricidad son bajos, lo que resulta en costes de conducción reducidos y el 65% de los hogares tiene acceso a calentadores del bloque motor (para facilitar el arranque del coche de combustión cuando hace mucho frío), y ya están familiarizados con conectar su vehículo a la electricidad.

[COUNTRY CONTEXT] SWEDEN

ELECTRICITY MIX*

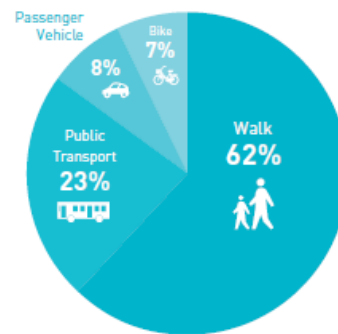
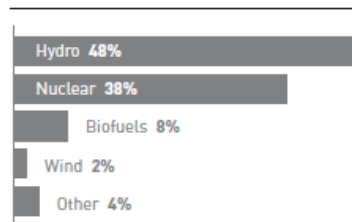


Figura 5.20. Mix eléctrico de Suecia y distribución de la movilidad en Estocolmo [29]

En Mayo de 2011, el Ayuntamiento de Estocolmo adoptó una estrategia con los vehículos eléctricos y los vehículos híbridos enchufables, con el objetivo de convertirse en una ciudad líder en VE y libre de vehículos que funcionan con combustibles fósiles en 2030 y en toda la región para el año 2050. Esta iniciativa es liderada por la administración de Medio Ambiente y Salud, la compañía de Aparcamiento de Estocolmo (aparcamientos municipales), la Autoridad de Estocolmo del tráfico (aparcamientos en la calle) y la planificación de la Autoridad de Edificios (carga rápida y estética). La ciudad fomenta el desarrollo de normas y estándares de dispositivos, como unos reglamentos claros para la carga en el interior de las viviendas.

El 1 de Octubre de 2011, la ciudad de Estocolmo y Vattenfall coordinó un contrato con seis proveedores de vehículos para 296 organizaciones (ayuntamientos, consejos comarcales y empresas privadas) que participan. Se puso a disposición una subvención por valor de 5.000€ para los primeros 1.000 vehículos eléctrico o híbridos enchufables comprados a través del acuerdo de adquisición. La ciudad de Estocolmo está comprando unos 20 vehículos eléctricos cada año para su flota y está alentando a más incentivos nacionales.

Como iniciativas, los propietarios de VE están exentos de pagar el impuesto de circulación durante los primeros 5 años, reducción del impuesto sobre los VE de empresa y hay una ayuda estatal para la compra del VE por valor de 40.000 coronas suecas (4.300 € aprox.).

Infraestructura

Entre los operadores más importantes está Fortum y Vattenfall. Actualmente en un radio de 25 km de Estocolmo hay 136 puntos de recarga, 32 tienen conector Schuko, 83 conector Mennekes, 26 conector CHAdeMO y 23 conector CCS Combo 2. La principal diferencia con otras ciudades es que en Estocolmo a pesar de no ser de las mejores en cuanto al número de puntos de recarga, si dispone de muchos puntos de recarga con varias decenas de conectores. Por ejemplo en el parking P-hus Norra Latin, dispone de 14 conectores Mennekes, en el parking Stigbergsgaraget dispone de 41 conectores Mennekes, en el

parking del Arenagaraget y Globe Arenas in Johanneshov hay un total de 46 conectores Schuko. Los puntos de recarga rápida están bien repartidos por la ciudad y en las autopistas que conectan con otras ciudades para permitir largos desplazamientos. Los puntos de recarga que están situados en parkings privados se paga el estacionamiento y la recarga es gratuita, en el resto son de pago y depende del operador. En el caso de Fortum, los precios los fija en función de la potencia de la recarga. Si se recarga a 230 V y 16 A tiene un coste de 0,15 coronas suecas el minuto (0,016 €/min), si se recarga a 230 V y 32 A tiene un coste de 0,30 coronas suecas el minuto (0,032 €/min), si se recarga a 400 V y 32 A tiene un coste de 1 corona sueca el minuto (0,1077 €/min) y si se recarga a 400 V y 120 A tiene un coste de 2,50 coronas suecas el minuto (0,269 €/min).

En septiembre de 2011 se inauguró el nuevo aparcamiento Högalidsgaraget en Estocolmo, y cuenta con 200 plazas de estacionamiento equipadas con conector Schuko, 5 plazas con conector tipo 1 o SAE J1772 y conector tipo 2 o Mennekes.

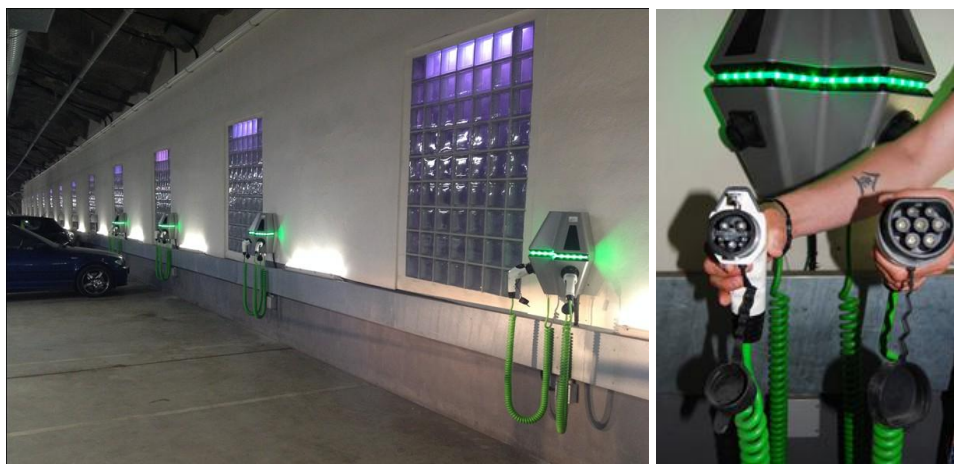


Figura 5.21. Aparcamiento Högalidsgaraget y detalle de conectores disponibles [39]

Como parte del objetivo para el año 2050 de ser una ciudad libre de vehículos que consumen combustibles fósiles, la ciudad de Estocolmo está desarrollando una extensa infraestructura de carga para en VE: Hay multitud de puntos de recarga ubicados por toda la ciudad, su ubicación y características se pueden ver por cualquier app, o página web especializada. Hay puntos de recarga adicionales ubicados en las ciudades vecinas, como Uppsala, Södertälje, y a lo largo de carreteras importantes como la E4, E18 y E20. Hay una gran cantidad de calentadores del bloque motor, situados en aparcamientos y residencias privadas, que pueden ser utilizados para recargar los vehículos eléctricos. Los nuevos aparcamientos están equipados con unidades de carga y las empresas privadas y las empresas eléctricas han mostrado gran interés en la electrificación del vehículo.

5.2.7. Helsinki (Finlandia)

Helsinki tiene una población de 1.000.000 habitantes y su superficie es de 765 km². Finlandia es una zona perfecta para el desarrollo de la electromovilidad, debido a la alta concentración de empresas de ingeniería (Valmet Automotive, Fortum, Kabus, BRP Finland, Lynx, Patria, ABB, Elcat, Vacon, Ensto...). La funcionalidad de la infraestructura de recarga en las condiciones atmosféricas adversas de Finlandia, son las condiciones óptimas para realizar pruebas extremas.

El programa EVE fue creado para dar apoyo a la comunidad del VE y a nuevos sistemas de desarrollo para la investigar con contactos y con empresas internacionales. El programa se centra en el desarrollo de entornos de prueba y estándares para la industria. Cuatro de los cinco puntos del programa EVE, están enfocados en el transporte de pasajeros, el quinto punto se centra en el desarrollo de tecnologías para vehículos eléctricos y servicios para usos comerciales.

No hay ayudas para la compra de VE, pero si pagan el mínimo en el impuesto de matriculación y circulación.

[COUNTRY CONTEXT] FINLAND

ELECTRICITY MIX**

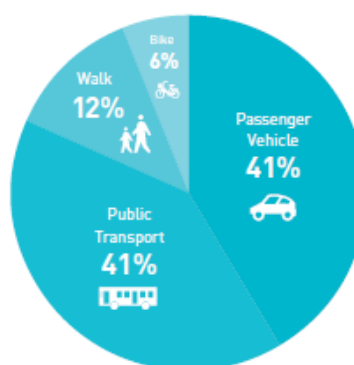
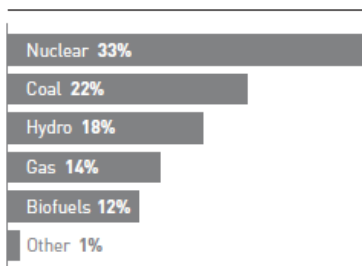


Figura 5.22. Mix eléctrico de Finlandia y distribución de la movilidad en Helsinki [29]

Infraestructura

En un radio de 25 km de Finlandia hay 61 puntos de recarga, 42 tienen conector Schuko, 47 conector Mennekes, 11 conector CHAdeMO y 6 conector CCS Combo 2.

Entre los operadores más importantes está Fortum y Helsingin Energia. Este último ofrece la posibilidad de tener la tarjeta prepago a través del proveedor Virta, y descuenta de la cuenta el coste de la recarga realizada (el precio depende del propietario del punto de recarga) y también ofrece la posibilidad de tener el abono mensual Helen S (40 kWh, 20h) por 15 €/mes o el abono Helen M (100 kWh, 50h) por 30 €/mes.

Focalización en el VE

- **Ekorent:** Es un modelo de negocio basado en el alquiler de coches eléctricos. Hay 6 centros Ekorent en Helsinki y los vehículos se deben recoger y devolver en uno de estos centros. Ofrece 3 tarifas diferentes:

Tarifa A para usuarios ocasionales, tiene un coste inicial de suscripción de 11€ que incluye 2 h de conducción gratuita, en adelante tiene un coste de 11 €/h o 55 €/día. Cada vez que alquilas un vehículo por los primeros 11 € dispones de 75 min de uso. Hay la opción de alquilarlo por unas horas y entregarlo a la mañana siguiente sin pagar por las horas que ha estado parado, seleccionando la opción "cerrar puertas" en la app. Si se alquila el vehículo en horario nocturno el precio se fija por kilómetro recorrido 0,18 €/km.

Tarifa B para usuarios regulares, el registro de esta tarifa es gratuito, tiene un coste mensual de 8 €, 8 €/h de uso o 48 €/día. Cada vez que alquilas un vehículo por los primeros 8 € dispones de 75 min de uso. Igual que la tarifa A, hay la opción de alquilarlo por unas horas y entregarlo a la mañana siguiente, así como alquilarlo en horario nocturno al mismo coste (0,18 €/km).

Tarifa C para miembro HSL, ofrece descuentos y permite elegir entre la tarifa A y B. Si se selecciona la tarifa A, no tiene coste de suscripción y si se selecciona la tarifa B no hay cuota mensual. El resto de tarifas se mantienen.



Figura 5.23. Nissan Leaf de Ekorent [40]

- **Autobuses eléctricos:** A principios de 2016 en la ciudad de Spoon se pusieron en funcionamiento algunas líneas utilizando autobuses eléctricos a modo de prueba. En otoño de este año en la región de Turku se pondrá en funcionamiento la primera línea impulsada por un autobús eléctrico y hará el recorrido de la línea 1 que va desde el puerto al aeropuerto.

5.2.8. North East (Inglaterra, Reino Unido)

El Noreste de Inglaterra abarca Northumberland, Condado de Durham, Tyne and Wear y Tees Valley y tiene una población de 2.500.000 habitantes, su superficie es de 8.600 km², hay registrados 1.125.750 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 25,0 km. Las ciudades más importantes del noreste de Inglaterra son, Newcastle upon Tyne, Sunderland, SouthShields, Durham, Middlesbrough, Stockton on tees, Hartlepool y Darlington.

Según las investigaciones de la GreenCarWebside.co.uk, la gente de esta región es significativamente más abierta al concepto de vehículos eléctricos que en otras partes del país. De hecho, el 10% de los vehículos eléctricos registrados en el Reino Unido se encuentran en el noreste de Inglaterra, que tiene solo el 4% de la población del país.

El Noreste de Inglaterra con un amplio sector de la automoción, de larga tradición que es el hogar de algunas compañías líderes en el mundo, como es Nissan, que ha operado en la región desde 1986. En esta zona de Inglaterra se fabrica 1 de cada 3 coches convencionales que se fabrican en el Reino Unido. Esta situación ha desembocado en un ambiente automotriz innovador en la fabricación de vehículos de bajas emisiones de carbono y que respetan el medio ambiente. Por este motivo esta zona se encuentra a la vanguardia del desarrollo del vehículo eléctrico y tiene una reputación internacional en el sector. La reputación de la zona se ve reforzada por la producción del nuevo Nissan Leaf en la planta de Sunderland y de la nueva planta de baterías que producirá 60.000 baterías de litio anualmente.

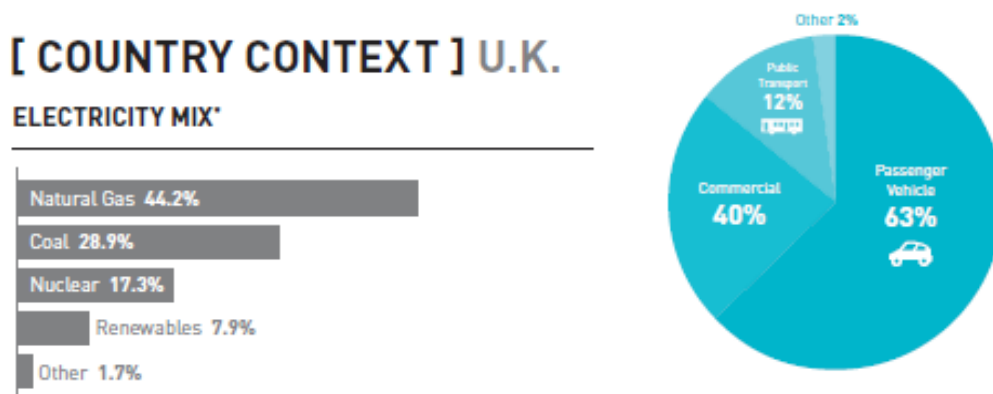


Figura 5.24. Mix eléctrico del Reino Unido y distribución de la movilidad en North East [29]

En el Reino Unido hay ayudas económicas para la compra de vehículos eléctricos e híbridos enchufables, las ayudas se han dividido en 4 categorías: Categoría 1 para turismos que emitan menos de 50 gCO₂/km y deben recorrer al menos 70 millas (112,65 km) en modo cero emisiones, para esta categoría la ayuda es del 35% del coste con un máximo de

4.500 libras (5.850 €). La categoría 2 para turismos que emitan menos de 50 gCO₂/km y deben recorrer al menos de 10 a 69 millas (16,09 - 111,04 km) en modo cero emisiones, para esta categoría la ayuda es del 35% del coste con un máximo de 2.500 libras (3.250 €). La categoría 3 para turismos que emitan de 50 a 75 gCO₂/km y deben recorrer al menos de 20 millas (32,19 km) en modo cero emisiones, para esta categoría la ayuda es del 35% del coste con un máximo de 2.500 libras (3.250 €), y en la categoría 4 es para furgonetas que emitan menos de 75 gCO₂/km y deben recorrer al menos de 10 millas (16,09 km) en modo cero emisiones, para esta categoría la ayuda es del 20% del coste con un máximo de 8.000 libras (10.400 €). Los vehículos del grupo 2 y 3 no pueden superar las 60.000 libras (78.000€) para poder obtener la subvención.

Infraestructura

El Gobierno del Reino Unido, a través de su programa Plugged in Places, ha aportado 30 millones de libras. El programa se ha comprometido a instalar hasta 8.500 puntos de recarga. Los trabajos para instalar la infraestructura del VE, han sido en el contexto de las dificultades económicas del Reino Unido, que ha visto drásticos recortes a los fondos de los organismos públicos y privados, dando lugar a una absorción del VE más baja de lo esperado. En Abril de 2010, cuando empezó el proyecto de instalar infraestructura de recarga, no habían normas técnicas, por lo cual el Nordeste ha trabajado en estrecha colaboración con el instituto de Ingeniería y Tecnología y otros, para crear una orientación y códigos de prácticas adecuados, resultando la adopción del conector Tipo 2 y consejos prácticos sobre las soluciones de puesta a tierra nacionales para el Reino Unido.

Si nos centramos en las ciudades de Newcastle upon Tyne, Sunderland, SouthShields y Durham que están muy próximas, actualmente en un radio de 25 km de Sunderland (que es la ciudad central de las 4) hay 218 puntos de recarga, 39 tienen conector domestico Ingles, 194 conector Mennekes, 19 conector CHAdeMO y 10 conector CCS Combo 2.

Si nos centramos en las ciudades de Middlesbrough, Stockton on tees, Hartlepool y Darlington que están muy próximas, actualmente en un radio de 25 km de Stockton on tees (que es la ciudad central de las 4) hay 70 puntos de recarga, 8 tienen conector domestico Ingles, 58 conector Mennekes, 5 conector CHAdeMO y 1 conector CCS Combo 2.

Focalización en el VE

La región tiene un sector industrial importante, incluyendo Nissan, Smith Electric Vehicles, AVID y Sevcon, que apoyan la creación de cientos de puestos de trabajo. Con la fabricación del Nissan Leaf y el desarrollo de vehículos comerciales, el sector se va a convertir en un motor económico real.

- **Switch EV:** El proyecto tubo vigencia desde el 2010 al 2015. Los conductores en el noreste de Inglaterra eran capaces de probar un vehículo eléctrico antes de comprarlo, gracias al proyecto Switch EV, que ponía 44 vehículos eléctricos en la carretera. El proyecto, colocaba los VE en régimen de arrendamiento por un periodo de 6 meses para empresas, particulares, organizaciones y clubes de automóviles. Además te proporcionaban e instalaban gratuitamente en la empresa/domicilio/local un punto de recarga. El objetivo del proyecto era entender la experiencia del conductor y juzgar los posibles obstáculos para su uso masivo.
- **Charge your car:** El operador charge your car está disponible para los propietarios de vehículos eléctricos de todo el Reino Unido. Si te compras un vehículo eléctrico, puedes solicitar tu tarjeta RFID con un coste de 20 libras/año que estará asociada a tu tarjeta de crédito o débito y te permitirá recargar en cualquier punto de recarga (lenta, rápida y muy rápida). El precio de la recarga depende del propietario del punto de recarga, pero la gran mayoría son gratuitos. Por medio de la página web, o la app gratuita, se puede ver la información de los puntos de recarga en tiempo real: si están ocupados, disponibles, averiados; el tipo de conector que tienen, si es de carga lenta, rápida o muy rápida. Actualmente disponen principalmente de 4 tipos de conectores: Conector domestico de 3 pines (3 kW) para recargas lentas, el conector Mennekes o Type 2 (7 kW) para recargas semi-rápidas y el conector Chademo (50kW) y CCS Combo para recargas rápidas en DC.

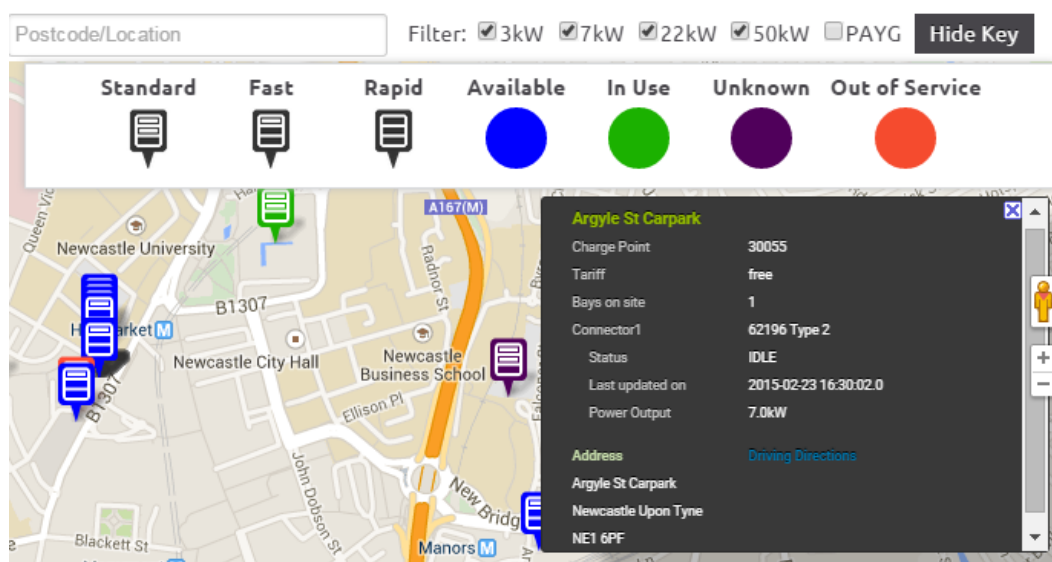


Figura 5.25. Información de los puntos de recarga en la app de Charge Your Car [41]

5.2.9. Londres (Inglaterra, Reino Unido)

Londres tiene una población de 8.630.000 habitantes, su superficie es de 1.572 km², hay registrados 2.600.000 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 14,5 km. [42]

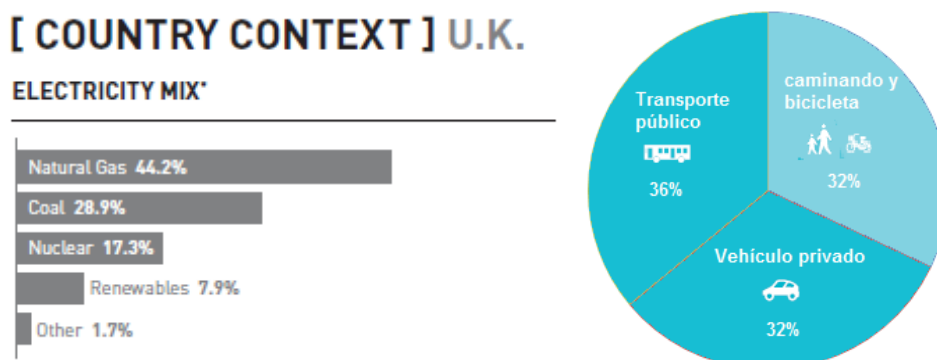


Figura 5.26. Mix eléctrico del Reino Unido y distribución de la movilidad en Londres

Desde hace más de una década Londres viene sufriendo problemas de tráfico en el centro de la ciudad, generando problemas en la red de autobuses públicos como es la reducción de la velocidad comercial, llegando a no respetar los horarios planificados y aumentando la contaminación y el ruido.

Como solución a estos problemas Londres implantó el 17 de febrero de 2003 la tasa de congestión en el centro de la ciudad. Actualmente acceder al centro de Londres de 7:00 a 18:00h tiene un cargo diario de 11,50 libras (13,5 € aprox.) si se paga por adelantado o el mismo día, 10,50 libras (12,34 € aprox.) si se está registrado en el pago automático y se descuenta a final de mes en su tarjeta de crédito o débito y si te retrasas un día el coste es de 14 libras (16,45 € aprox.). También se puede pagar por la web, mensaje SMS, por teléfono o vía postal. Los residentes tienen un descuento del 90% en la cuota y los vehículos con nueve o más asientos, los coches y furgonetas que emitan menos de 75 gCO₂/km y que cumplan con la norma Euro 5, tienen un descuento del 100%, pero deben estar registrados y renovar su autorización anualmente con un coste de 10 libras (11,75 € aprox.). Los ciclomotores, motocicletas, vehículos de personas con movilidad reducida y taxis están exentos de registrarse y pagar la tasa de congestión.

Para incentivar la compra de vehículos más respetuosos con el medio ambiente, el Gobierno ofrece una ayuda del 35% del coste, con un máximo de 4.500 libras (5.289 € aprox.) para los turismos eléctricos con una autonomía superior a 70 millas (112,65 km), los híbridos enchufables que emitan menos de 75 gCO₂/km y tengan más de 20 millas de autonomía (32,18 km) recibirán un máximo de 2.500 libras (2.938 € aprox.) y las furgonetas eléctricas cubre el 20% del coste con un máximo de 8.000 libras (9.403 € aprox.).

También ofrece ayudas por la compra e instalación de un punto de recarga doméstico, de hasta el 75% del coste, con un máximo de 1.000 libras (1.175€ aprox.) y si no se dispone de garaje privado se puede solicitar a las autoridades locales la instalación de un punto de recarga en la vía pública.

El impuesto de circulación en Londres depende de las emisiones de CO₂ que emita su vehículo. Así que por la elección de un vehículo eléctrico la tasa es de 0 libras al año.

Infraestructura

Según las estadísticas de Zap-map en Junio de 2016 habían 2.128 puntos de recarga en todo Londres. En estos puntos de recarga hay principalmente conectores domésticos de tres pines y conectores tipo 2 o SAE J1772. En menor cantidad y de forma bien distribuida por las afueras de Londres hay unos 20 puntos de recarga rápida, con conectores CHAdeMO y CCS Combo 2 y también algún conector exclusivo de Tesla.

Source London es la red de recarga de vehículos eléctricos de Londres y se puso en marcha por Transport for London (TfL) en mayo de 2011 con el objetivo de proporcionar una red de recarga integrada para los conductores de vehículos eléctricos y en septiembre de 2014 se transfirió el esquema al grupo Bolloré. Actualmente Source London tiene más de 850 puntos de recarga. Para poder usar los puntos de recarga de Source London tan solo hay que suscribirse con un coste anual de 5 libras y te mandan a casa la tarjeta RFID con la que desbloquear los puntos de recarga y usarlos de forma gratuita, tan solo en algunos casos se paga por el estacionamiento del vehículo eléctrico, pero no por la recarga.

Focalización en el VE

- **E-Car club:** Es una empresa perteneciente a Europcar, que alquila únicamente vehículos eléctricos en los alrededores de Londres. Tiene 10 centros de recogida y entrega en los alrededores de la ciudad y ofrece dos tarifas: La primera es “Pay as you go” orientada a los usuarios eventuales, tiene un coste de suscripción de 50 libras (58,77 €) y no tiene cuota mensual. Con esta tarifa se puede alquilar un coche del segmento B eléctrico tipo Renault ZOE por 5,50 libras/h (6,46 €/h) o 45 libras/día (52,89 €/día), o un coche del segmento C eléctrico tipo Nissan Leaf por 6,50 libras/h (7,64 €/h) o 50 libras/día (58,77 €/día) y también ofrece la posibilidad de alquilar una furgoneta eléctrica tipo Renault Kangoo por 7,50 libras/h (8,81 €/h) o 60 libras/día (70,52 €/día)

La otra tarifa es la “Subscription”, orientada a los clientes frecuentes. Tiene un coste de suscripción de 50 libras (58,77 €) y 15 libras (17,63 €) de cuota mensual (con

un mínimo de 1 año). Con esta tarifa se puede alquilar un coche del segmento B eléctrico tipo Renault ZOE por 4,50 libras/h (5,29 €/h) o 35 libras/día (41,13 €/día), o un coche del segmento C eléctrico tipo Nissan Leaf por 5,50 libras/h (6,46 €/h) o 45 libras/día (52,89 €/día) y también ofrece la posibilidad de alquilar una furgoneta eléctrica tipo Renault Kangoo por 6,50 libras/h (7,64 €/h) o 50 libras/día (58,77 €/día).



Figura 5.27. Nissan Leaf de E-car club [43]

- **Bluecity:** La empresa francesa Bolloré que también gestiona el carsharing Autolib de París, ha decidido poner en funcionamiento en Londres el primer carsharing de la ciudad. Ya ha anunciado una inversión de 100 millones de libras para expandir masivamente la red de coches eléctricos de la capital. La empresa se hará cargo de los puntos de recarga actuales y planea tener unos 6.000 puntos de recarga y 3.000 vehículos en 2018. Pretende entrar en funcionamiento próximamente con 1.000 vehículos y con un coste de 5 libras (5,87 €) por 30 minutos y los vehículos se podrán dejar en cualquier punto dentro de la M25. Según su experiencia en París prevén que la duración media por viaje sea de 45 min con un coste de 7,5 libras (8,81 €).



Figura 5.28. Coche Bolloré Bluecar del carsharing Bluecity [44]

5.2.10. Oslo (Noruega)

Oslo tiene una población de 647.676 habitantes, su superficie es de 454 km² y cada día la distancia media recorrida en Noruega es de 47,2 km.

Noruega es líder mundial en proyectos piloto para la movilidad eléctrica y las investigaciones son de interés internacional. Reflejo de todas las iniciativas e inversiones realizadas durante los últimos años, Noruega es el país que tiene la mayor cuota de mercado en vehículos eléctricos de todo el mundo, representaron en 2015 el 17% de los modelos vendidos, exactamente se vendieron 39.632 vehículos eléctricos (25.779 turismos eléctricos, 7.964 turismos híbridos enchufables, 712 furgonetas eléctricas y 5.177 turismos y furgonetas eléctricas usadas). En 2015 en España se matricularon 2.342 vehículos eléctricos, que representan una cuota de mercado del 0,22%.

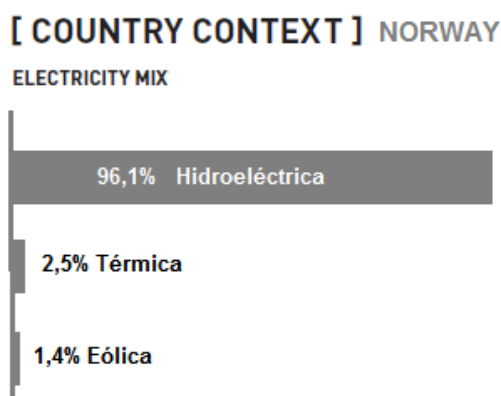


Figura 5.29. Mix eléctrico de Noruega.

Noruega es un país ideal para implantar los vehículos eléctricos porque prácticamente el 100% de la energía generada es renovable, exactamente el 97,5% de la energía generada proviene principalmente de centrales hidroeléctricas y en menor porcentaje de energía eólica. Estos datos repercuten en el precio de la electricidad, siendo el kWh muy barato y reduciendo el coste de uso de vehículos eléctricos. El Gobierno Noruego cifra la producción anual de energía hidráulica en 140 TWh, y aunque todo el parque móvil (2,5 millones de turismos en 2014) fuera eléctrico, bastaría con 5 TWh al año para poder cubrir la demanda de energía que crearían.

Pero realmente hay varios motivos que han ayudado y continúan haciendo aumentar las matriculaciones de coches eléctricos. Por ejemplo los incentivos fiscales que tiene el gobierno con los vehículos eléctricos. Actualmente está exentos de pagar el 25% de IVA en la compra, lo que hace por ejemplo que un VW Golf esté disponible desde unas 300.000 coronas noruegas (unos 31.500 € aprox.) y un e-Golf está por 250.000 coronas noruegas (26.500 € aprox.). Otro motivo que ayuda a aumentar las ventas de VE es que hay más

puntos de recarga que gasolineras (6.000 en 2015) y no solo están situados en las grandes ciudades, sino que cubren también la red de carreteras lo que permite a los conductores realizar largos desplazamientos y además el coste de la energía para recargar los VE es gratuita, mientras en litro de gasolina o diesel está cerca de los 2 €/l.

Además de tener energía gratis, hay otros incentivos como el uso de las autopistas de peaje, los ferris y las plazas de estacionamiento regulado de forma gratuita.

Pero el hecho que Noruega sea uno de los mayores exportadores del mundo de petróleo le da más mérito aun por apostar por los vehículos eléctricos en detrimento de apostar por los vehículos de combustión interna como hacen la mayoría de países productores de petróleo. A pesar de representar prácticamente el 40% de PIB, Oslo tiene intención de prohibir el acceso al centro de la ciudad a los automóviles en 2019, para fomentar el uso del transporte público y la bicicleta, aunque se prevé autorizar el acceso a los vehículos 100% eléctricos. Noruega es el primer país del mundo que contempla prohibir la venta de vehículos basados en combustibles fósiles (diesel y gasolina principalmente) en 2025.

Infraestructura

En el año 2009 con el programa nacional de infraestructura EV de Transnova y el programa local de Oslo, aumentaron rápidamente el número de puntos de recarga en toda Noruega, hasta hoy en día que hay más de 6.000 puntos de recarga en todo el país. En Oslo según la página web chargemap, hay 535 puntos de recarga en un radio de 25 km de la ciudad, la gran mayoría tienen conectores Schuko, concretamente hay 457 puntos de recarga con este conector, 164 con conector Mennekes, 31 con conector CHAdeMO y 25 con conector CCS Combo 2. Como se puede ver hay muchos puntos de recarga, pero además en cada punto de recarga hay instalados muchos conectores, por ejemplo el punto de recarga en el parking subterráneo P-hus Myntgata Oslo, dispone de 86 conectores Tipo 2 o Mennekes o el parking Kongens gate situado en la vía pública dispone de 10 conectores Tipo 2 o Mennekes y 38 conectores Schuko.

Focalización en el VE

- **Green car:** Es un proyecto que tiene el objetivo que en 2020 más de 200.000 noruegos compren un coche eléctrico, para ello ofrece apoyo práctico a las flotas municipales o corporativas, para que sean viables operativamente y económicamente.
- **Ampere:** Es un ferri completamente eléctrico que opera entre las localidades de Lavik y Oppedal que están a una distancia de 5,7 km, haciendo 34 recorridos diarios, cada trayecto requiere de 20 min, más 10 min para descargar y cargar. El

Ampere está construido íntegramente en aluminio en lugar de acero, lo que reduce su peso de forma importante y el mantenimiento del casco, es capaz de transportar a 360 pasajeros y 120 vehículos sin generar emisiones contaminantes. Tiene dos motores eléctricos con una potencia de 450 kW cada uno y son impulsados por baterías de iones de litio con una capacidad de 1.000 kWh suficiente para hacer varios recorridos. Las baterías del ferri se recargan durante los 10 min de parada directamente de unas baterías de iones de litio de 360 kWh de capacidad instaladas en cada puerto y durante la noche se recargan directamente de la red eléctrica.

Un ferri de las mismas características con motor diesel, consumiría al año un millón de litros de combustible, emitiría 2.680 toneladas de CO₂ y 37 toneladas de NO_x.



Figura 5.30. Ferri Ampere [45]

- **Taxis eléctricos:** Una colaboración entre los operadores de taxis trodertaxi y Stjordal taxis y la empresa de transportes públicos NTE, introdujeron varios modelos eléctricos de taxi durante 2011-2013. Actualmente gracias a esta iniciativa y a las ayudas del gobierno hay muchos taxis eléctricos en funcionamiento.

5.3. En el resto del mundo

5.3.1. Islas Goto (Japón)

La ciudad de Goto y la ciudad de Shinkamigoto tienen una población de 62.696 habitantes, su superficie es de 634,87 km², hay registrados 39.542 vehículos.

La Prefectura de Nagasaki consiguió que las Islas Goto fueran catalogadas como Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, por su compromiso con la preservación ecológica y aprovechar su condición especial como grupo de islas. En 2010 se puso en

funcionamiento el proyecto “EV/PHV Town” que promueve el ministerio de industria, economía y comercio, para promover los vehículos eléctricos y los sistemas de transporte inteligentes respetuosos con el medio ambiente. La introducción del vehículo eléctrico en las Islas Goto, permite experimentar una sociedad donde los vehículos eléctricos operan ampliamente en el uso diario. Este proyecto único, ofrece la oportunidad de evaluar las necesidades de la población, incluida la infraestructura de recarga, metodologías operativas eficaces y los servicios. Se introdujeron en total 140 coches eléctricos de los cuales 99 corresponden a empresas de alquiler, el resto son taxis y vehículos de la administración pública.

[COUNTRY CONTEXT] JAPAN

ELECTRICITY MIX

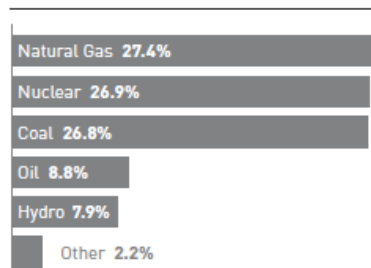


Figura 5.31. Mix eléctrico de Japón [29]

Infraestructura

Según la información publicada por Nissan, hay unos 40.000 puntos de recarga (incluyendo los situados en casas particulares), de los cuales 3.000 son de recarga rápida y unas 35.000 gasolineras. En las islas Goto hay 15 puntos de recarga rápida, todos con conector CHAdeMO, utilizado por vehículos japoneses como el Nissan Leaf o el Mitsubishi iev.

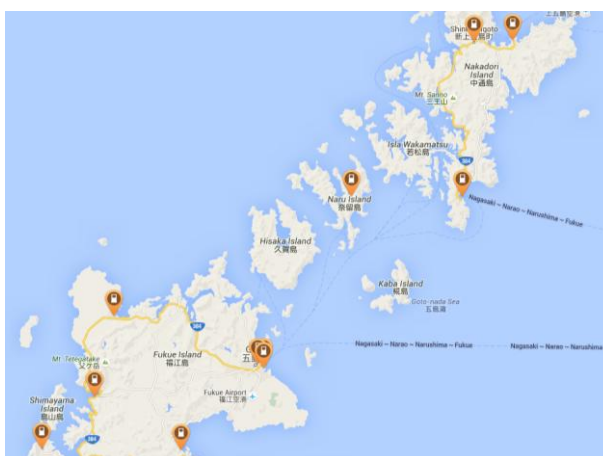


Figura 5.32. Puntos de recarga con conector CHAdeMO en las islas Goto [46]

Focalización en el VE

- **Éxito del alquiler del VE:** Cerca de 35.000 personas han tenido la experiencia de alquilar un VE desde abril de 2010 hasta enero de 2012 (16.000 viajes). En la temporada alta (agosto de 2011), se llegó a realizar 398 alquileres en una semana (90,2 por ciento de todos los vehículos alquilados). El mayor uso en la recarga rápida fue de 19,9 recargas completas / día en el puerto de la isla de Fukue en agosto de 2010, lo que generó en momentos puntuales una cola para recargar los vehículos.

5.3.2. Shanghái (China)

Shanghái tiene una población de 14.047.100 habitantes, su superficie es de 6.340,5 km², hay registrados 1.702.500 vehículos y cada día la distancia media recorrida en coche es de 39 km. La ciudad ha sido seleccionada por el Gobierno Chino, como una de las 25 ciudades piloto, para la eficiencia energética y para dar a conocerse como una de las seis ciudades piloto que subvenciona la compra de vehículos eficientes.

En Julio de 2010, en el primer congreso de energía limpia, celebrada en Washington, D.C., la iniciativa del vehículo eléctrico propuesta por China y los Estados Unidos fue aceptada por Francia, Alemania, Japón, España, Suecia, Dinamarca, Sur África, Portugal y IEA. La principal meta de este acuerdo es, establecer ciudades piloto del VE internacionalmente. En Enero de 2011, China se decidió por Shanghái como la ciudad piloto en el VE y el distrito de Jiading como la zona de muestra internacional del VE.

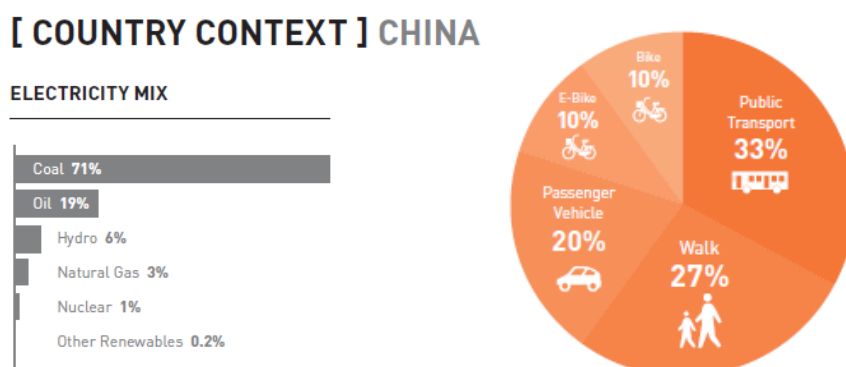


Figura 5.33. Mix eléctrico de China y distribución de la movilidad en Shanghái [29]

El Gobierno Chino ha decidido reducir los incentivos económicos que había para la compra de vehículos eléctricos, con la intención de incentivar al usuario con más puntos de recarga a su disposición. En la actualidad el gobierno chino subvenciona con 30.000 RMB (4.062 € aprox.) a los vehículos 100% eléctricos con una autonomía superior a los 150 km, con

10.000 RMB (1.354 € aprox.) a los vehículos 100% eléctricos con una autonomía de 100 a 150 km, 10.000 RMB para vehículos híbridos enchufables con autonomía superior a 50 km y un bonus adicional de 14.000 RMB (1.895 €) para los vehículos híbridos enchufables que tengan un motor con una capacidad inferior a 1,6 litros y que puedan recorrer en modo híbrido más de 100 km con menos de 5,9 litros de combustible y con una capacidad del depósito menor o igual a 40 litros.

Infraestructura

La empresa eléctrica State Grid ha completado la instalación de 50 estaciones de carga rápida a lo largo de la ruta de 1260 kilómetros entre Beijing y Shanghái, habiendo un punto de recarga cada 25 km. State Grid espera que en 2020 estén cubiertos de la misma forma unos 19.000 km de autopistas para dar servicio a más de 5 millones de vehículos eléctricos en China. Shanghái mantendrá el ratio de 1,2 – 1,5 estaciones de carga por cada vehículo eléctrico. A día de hoy hay más de 21.000 puntos de recarga en todo Shanghái.

Focalización en el VE

- **EVCARD:** Es un nuevo modelo de negocio de carsharing de coches eléctricos disponibles en varios distritos de Shanghái. Para poder usarlos es tan sencillo como registrarse y reservar un coche a través de la app. Para poder usar un coche, este debe tener al menos 30 km de autonomía. El coste es de 15 yuanes (2 €) por los primeros 30 minutos de viaje y luego 0,5 yuanes (0,07 €) por cada minuto adicional; 1 día de alquiler cuesta 180 yuanes (24,38 €). Disponen de 350 coches, modelo Roewe e50 con una autonomía de 120km y también el Chery eQ con una autonomía de 200km. Se prevé que aumenten hasta las 1.500 unidades, con nuevos modelos como el Zinoro 1E y Springos. Los vehículos se pueden devolver el cualquiera de los puntos disponibles. Recargar un coche privado en un poste de recarga rápida EVCARD cuesta 1,60 yuanes/kWh (0,22€) y 0,80 yuanes/kWh (0,11€) si es recarga lenta.



Figura 5.34. Modelos Roewe e50 de la empresa EVCARD [47]

- **Prueba de conducción:** Se abrió en mayo de 2011 para hacer pruebas de conducción a los VE, exhibiciones y promocionarlos. El centro informa a la gente sobre la historia, las tendencias futuras y ayuda a familiarizarse con la tecnología y promueve los beneficios medioambientales que aporta el uso de los VE. Desde su apertura, 21.000 personas han visitado el centro y cerca de 10.000 personas han hecho una prueba de conducción con un VE.

5.3.3. New York City (New York, USA)

La ciudad de Nueva York tiene una población de 8.200.000 habitantes, su superficie es de 1.214 km², hay registrados 1.800.000 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 14,5 km.

En 2007, el alcalde de Nueva York, Michael Bloomberg anunció la iniciativa PlaNYC. El plan de sostenibilidad de la ciudad, estableció una estrategia agresiva para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de la ciudad en el año 2030 en un 30% respecto los niveles de 2005. Como parte de este objetivo general, las emisiones del transporte, que actualmente representan el 21% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero de la ciudad de Nueva York, se reducirían en un 44% para 2030.

La calidad del aire de la ciudad de Nueva York en la actualidad no cumple con las normas federales en materia de partículas PM y el ozono. Dado que solo en el 44% de las viviendas de Nueva York posee un vehículo (en comparación con el 90% a nivel nacional), las metas de reducción de emisiones de la ciudad se centran en el transporte público, fomentar el ir a pie y el uso de la bicicleta.

Para cumplir con la meta del PlaNYC de reducir las emisiones de CO₂, la flota de vehículos del cuerpo de policías, taxistas, etc, están incorporando vehículos eléctricos.

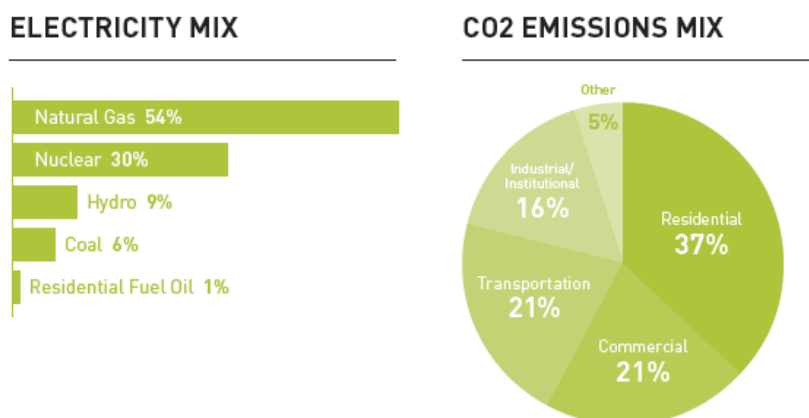


Figura 5.35. Mix eléctrico y distribución de las emisiones de CO₂ en New York [29]

A pesar de la densidad de tráfico y las condiciones de la ciudad, Nueva York es un buen lugar para la integración de la infraestructura del VE. El 50% de los conductores y el 80% de los conductores de Manhattan, tienen asignado un estacionamiento, lo que podría mitigar las dificultades de la instalación de puntos de recarga unitarios o múltiples.

El gobierno federal ofrece actualmente un crédito de hasta 7.500 \$ para la compra de coches eléctricos y hasta 2.500 \$ para motocicletas eléctricas. Las ayudas federales para la instalación de puntos de recarga son del 30% del coste (hasta 1.000 \$ para particulares y 30.000 \$ para empresas). El estado de Nueva York ha introducido también incentivos por valor de 2.000 \$ para la compra de vehículos eléctricos, híbridos enchufables y de pila de combustible y hasta 5.000 \$ para las empresas y corporaciones que compren e instalen un punto de recarga. El programa de flota privada de la ciudad de Nueva York proporciona importantes incentivos para la compra de vehículos eléctricos, como camiones y autobuses comerciales (cubre hasta el 80% de coste incremental, hasta 60.000 \$ por vehículo).

Los vehículos eléctricos de Nueva York están exentos de pasar las revisiones anuales del sistema de diagnóstico a bordo (OBDII) y la inspección de emisiones. Los conductores de vehículos que consuman menos de 45 MPG, tienen acceso a la autopista de Long Island (LIE) de vehículos de alta ocupación, gracias a la etiqueta "Clean Pass", independientemente del número de ocupantes.

Infraestructura

Solo en Manhattan hay más de 225 puntos de recarga y si se cuentan los puntos de recarga a unos 25 km de radio de Manhattan hay cerca de 1.000, gracias a las becas entregadas por la Autoridad de Energía de Nueva York (NYSERDA) para aumentar y agrandar el número de estaciones públicas en la ciudad y en todo el estado. Principalmente hay conectores NEMA (conector domestico americano de 1,9 kW), tipo 1 o SAE J1772 (de 6,6 kW) y el conector exclusivo Tesla de nivel 2. Los puntos de recarga Tesla son gratuitos y de uso exclusivo para los propietarios de un Modelo Tesla, el resto de puntos de recarga mayormente son de pago (0,49 \$/kWh) aunque hay algunos gratuitos.

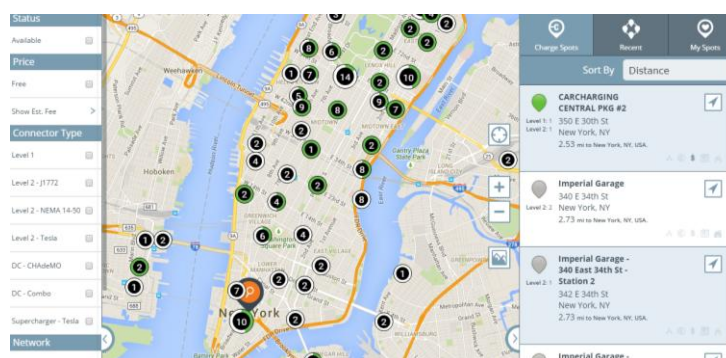


Figura 5.36. Mapa e información de los puntos de recarga en Nueva York [48]

Focalización en el VE

- **Beam Charging:** Es una empresa situada en la ciudad de Nueva York fundada en 2010 y que en 2013 fue adquirida por CarCharging y ofrece la posibilidad de recargar tu vehículo eléctrico con las siguientes tarifas:

Para usuarios que realicen muchos kilómetros, por 98 \$/mes pueden recargar su vehículo eléctrico tantas veces como necesiten, independientemente de los KWh recargados.

Para usuarios que usan menos el vehículo eléctrico, podrán recargarlo por 0,49 \$/KWh. La primera vez de uso se debe pagar 9,95 \$ para la activación de su cuenta.

- **Taxi e-NV200:** Desde el 1 de Septiembre de 2015 la corte suprema de la ciudad ha adjudicado a Nissan el contrato en exclusiva para suministrar coches a los taxistas durante 10 años, que tiene un valor de 1.000 millones de dólares. En Nueva York hay un total de 13.000 taxis amarillos o “Yellow Cabs”, de los cuales anualmente se sustituyen unos 2.600. Los nuevos taxis amarillos deberán ser el modelo de Nissan NV200 (existen alguna excepcion como modelos híbridos y modelos adaptados para minusválidos). La nueva concesión reconoce que la ciudad decidió cambiar todos los taxis por modelos a gas o híbridos por esta razón actualmente Nissan a desarrollado el modelo eléctrico e-NV200 fabricado exclusivamente en Barcelona, y que en breve estará en circulación por Nueva York.



Figura 5.37. Nuevo Taxi de New York, el Nissan NV200 [49]

5.3.4. Los Ángeles (California, USA)

La ciudad de Los Ángeles tiene una población de 4.100.000 habitantes, su superficie es de 1.290 km², hay registrados 2.500.000 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 37 km.

La ciudad de Los Ángeles es conocida como la capital mundial del automóvil. Ya desde la década de 1990 hay VE y cargadores en la ciudad de Los Ángeles. El despliegue de vehículos enchufables en la ciudad se basa en el convencimiento que se tiene en que esta tecnología permitirá a la ciudad reducir aún más las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte, mejorando la calidad del aire y fomentando el crecimiento económico nacional.

Los vehículos representan el 43% de las emisiones de CO₂ generadas en la ciudad de Los Ángeles. Los niveles de smog y hollín han disminuido significativamente en el sur de California durante la última década aunque la ciudad de Los Ángeles tiene los niveles más altos de ozono en los Estados Unidos y no cumple las normas de salud federal en un promedio de 137 días al año.

El uso en Los Ángeles de las energías renovables está creciendo, alcanzando el 20% en 2010 y con una meta del 33% en 2020.

En 2010, Los Ángeles se convirtió en sede de los fabricantes de vehículos eléctricos BYD y CODA y numerosas otras empresas en la cadena de suministro del VE y de infraestructuras.

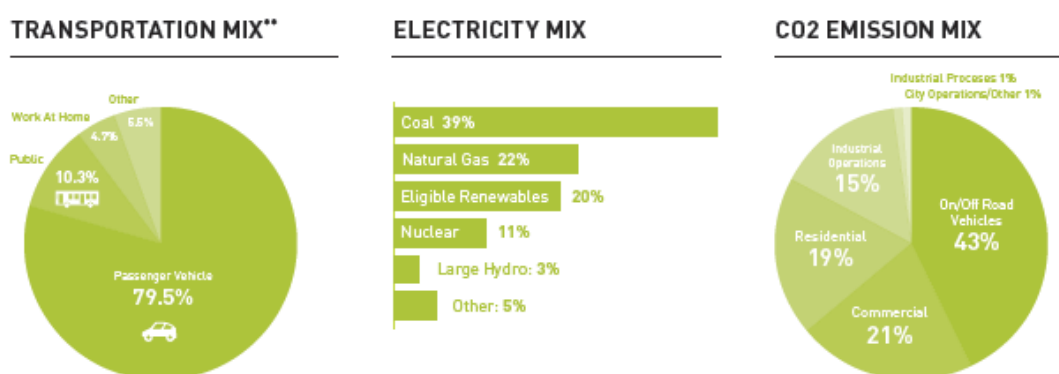


Figura 5.38. Distribución la movilidad, mix eléctrico y distribución de las emisiones de CO₂ en Los Ángeles [29]

El gobierno federal ofrece actualmente un crédito de hasta 7.500\$ para la compra de un VE. Además la Junta de Recursos del Aire de California (ARB) ofrece un programa de reembolso de vehículos limpios (CVRP) por la compra o alquiler de ciertos vehículos cero

emisiones (eléctricos, híbridos enchufables o de hidrógeno). La compra de un vehículo eléctrico recibe una ayuda de hasta 2.500 \$. Los conductores de VE y VE enchufables, tienen acceso a los carriles de alta ocupación, independientemente del número de pasajeros.

El 25 de Octubre de 2011, BYD inauguró oficialmente su sede de Los Ángeles. Ese día, la compañía anunció una asociación con HERZ Car Rental, proporcionando la primera flota de autobuses eléctricos de largo alcance en el Aeropuerto Internacional de Los Ángeles, y los primeros vehículos totalmente eléctricos para su flota de alquiler. Estos autobuses totalmente eléctricos no sólo reducen drásticamente las emisiones, sino que también proporcionan un ahorro durante la vida útil de cada vehículo de unos 500.000 dólares.

En 2009, el puerto de Los Ángeles se le hizo entrega de 25 camiones pesados de carga totalmente eléctricos, por la empresa Balqon Corp. Este tipo de Camión era el primero en cualquier puerto de todo el mundo. Este puede arrastrar una carga de 27.000kg a una velocidad máxima de 65km/h y tiene una autonomía de entre 48 y 96km por carga de batería. Incluido en el pedido de los camiones eléctricos, el puerto de L.A. exige a Balqon Corp. ubicar su fábrica en la ciudad de Los Ángeles y pagar un canon al puerto por cada camión eléctrico que venda o alquile en todo el mundo. Esos fondos se utilizarán para incentivar otros programas tecnológicos en el puerto.

Infraestructura

En Los Ángeles hay más de 1.000 puntos de recarga y principalmente tienen conector SAE J1772 para recarga en AC y CHAdeMO y CC COMBO para recarga en DC. También hay bastantes conectores. El LADWP (departamento de agua y energía de Los Ángeles) ofrece hasta 500\$ para los clientes residenciales que compren e instalen un punto de recarga, y si además se instala un contador de tiempo (opcional), se hará un descuento del LADWP de 2,5 centavos por kWh y también recibirán una bonificación de 250 \$. Los clientes comerciales pueden recibir hasta 4.000\$ por equipo que esté montado en pared o en un pedestal. Además las 3 primeras plazas de aparcamiento con su poste de recarga para usuarios, clientes o trabajadores dará acceso a una compensación y sucesivamente más compensaciones por cada 10 plazas extras que se dispongan.

Focalización en el VE

- **SoCal EV:** Los Ángeles está trabajando con ciudades, agencias gubernamentales, empresas que colaboran con el sector de la automoción como SoCal EV, para la educación y divulgación de los VE, buscar subvenciones y coordinar un enfoque regional para el despliegue de infraestructura de carga.

- **SMART GRID:** El Departamento de Agua y Energía de Los Ángeles (LADWP) recibió 60 millones de dólares de los fondos federales, para desarrollar, desplegar y probar tecnologías de redes inteligentes avanzadas en colaboración con el consorcio de investigación del sur de California como son el USC, UCLA y CalTech/Jet Propulsion Laboratory.
- **Blink:** Es una empresa que ofrece puntos de recarga privados y dispone de puntos de recarga públicos en la ciudad de Los Ángeles, además ofrece sus servicios en otras ciudades y estados. En total actualmente en la ciudad de Los Angeles hay 122 puntos de recarga. Blink tiene dos tipos de usuarios, los miembros de Blink (Blink Plus) y los que no son miembros (Blink Guest)

Los usuarios con la tarjeta Blink Plus no tienen cuota de inscripción y tienen descuentos en las tarifas. El precio para ellos es de 0,49 \$/KWh para las recargas en AC y 0,59 \$/KWh para las recargas en DC.

Los usuarios con la tarjeta Blink Guest al no ser miembros, pueden utilizar los puntos de recarga solicitando un código para activar el punto de recarga. El precio es de 0,59 \$/KWh para las recargas en AC y 0,69 \$/KWh para las recargas en DC.

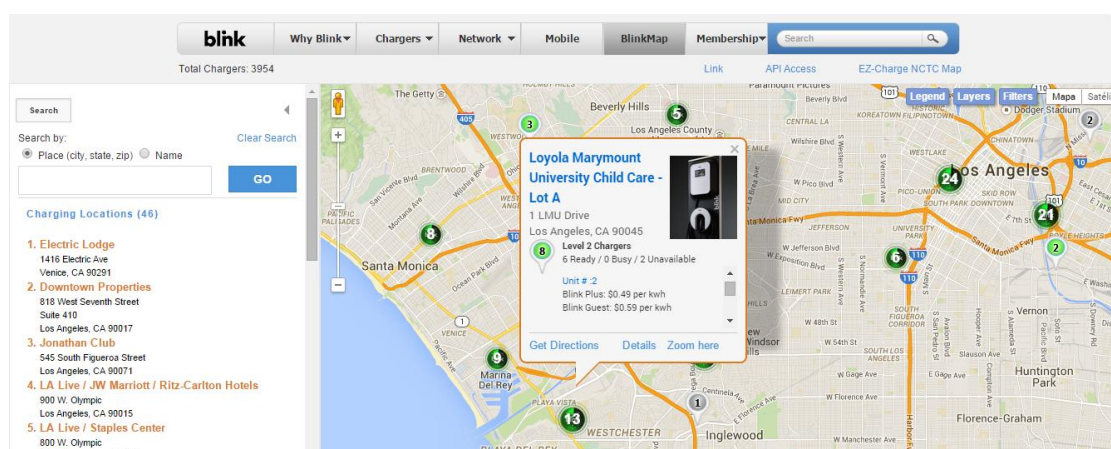


Figura 5.39. Mapa e información de los puntos de recarga Blink en L.A [50]

5.3.5. Portland (Oregón, USA)

Portland tiene una población de 583.776 habitantes, su superficie es de 376,5 km², hay registrados 527.000 vehículos y cada día la distancia media recorrida es de 29,8 km.

Los vehículos eléctricos en la región de Portland son parte de la estrategia de electrificación del transporte. Todo comenzó en 1986 con la Metropolitan Area Express (MAX), un tren ligero que tuvo tanto éxito que contribuyó a propagar el tranvía de Portland en 2001 y

recientemente la Portland Aerial Tram (similar a un teleférico). Los tres aportan una gran variedad de transportes eléctricos en la ciudad.

El Plan de Acción Climática tiene el objetivo de reducir en un 40% las emisiones de CO₂ de 1990 para el 2030, además de aumentar el uso del transporte público y los VE pueden desempeñar un papel clave en este objetivo. La ciudad de Portland busca una reducción del 30% de las emisiones relacionadas con el transporte en 2030. Actualmente el transporte representa el 38% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El estado de Oregón gasta anualmente 6,2 Billones de Dólares en la importación de petróleo. El Plan de Acción Climática establecía una transición acelerada a vehículos eléctricos enchufables. El cambio a vehículos eléctricos reduciría los SO_x en un 75%, los NO_x en un 69%, y la materia particulada (PM) en un 31%. La industria del VE podría añadir entre 8.000 y 19.000 nuevos puestos de trabajo para el 2030.

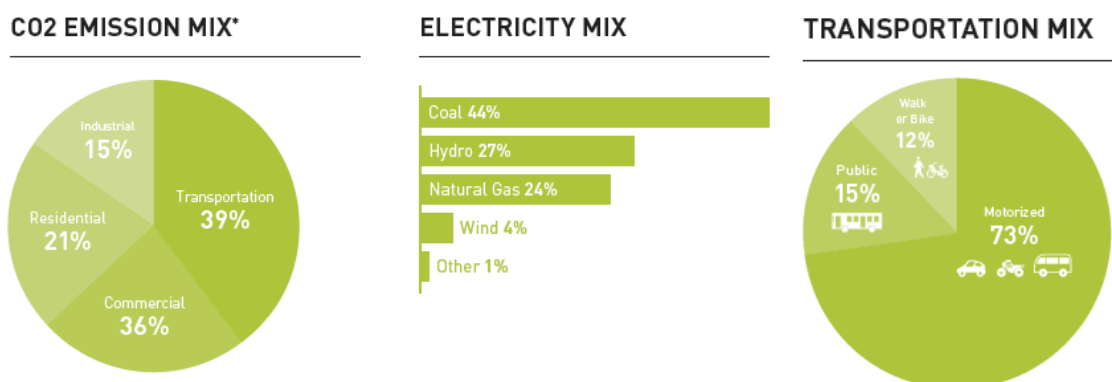


Figura 5.40. Distribución de las emisiones de CO₂, mix eléctrico y distribución de la movilidad en Portland [29]

Las condiciones para el uso del VE en Portland son favorables. La gente realiza trayectos relativamente cortos al día utilizando principalmente vehículos privados, los precios de la electricidad son asequibles, 1/3 del sistema eléctrico es cero emisiones, hay buen clima (veranos cálidos e inviernos suaves) y la población está interesada en el medioambiente.

Además de las ayudas federales ya enumeradas en las ciudades anteriores, el estado de Oregón ofrece ayudas por el 50% del coste de un punto de recarga con un máximo de 750\$ para instalaciones de carga residenciales y para las empresas que instalen estaciones de carga un crédito fiscal de 35% del coste de la instalación.

Infraestructura

En Portland hay una gran red de puntos de recarga, como en el resto de ciudades americanas, principalmente hay puntos de recarga con conector SAE J1772 distribuidos por toda la ciudad, y en zonas céntricas hay puntos de recarga rápida con conectores CHAdeMO y CCS COMBO. Portland se diferencia del resto de ciudades por tener varios puntos de la ciudad con muchos puntos de recarga concentrados, suelen ser lugares de alta concurrencia como centros comerciales. Un ejemplo de esta situación es el aeropuerto de Portland, que en 2015 se instalaron 42 puntos de recarga para dar servicio a sus usuarios.



Figura 5.41. 42 puntos de recarga en el aeropuerto de Portland [51]

Focalización en el VE

- **Electric Avenue:** Portland General Electric, la Universidad y la ciudad de Portland se han comprometido a fomentar la movilidad urbana sostenible mediante la construcción de “Electric Avenue” en el extremo sur de la ciudad de Portland. Este proyecto tiene como objetivo mostrar la interacción entre los vehículos eléctricos, la infraestructura, el transporte urbano, zonas verdes y diseño urbano. Actualmente hay varias zonas en la ciudad con puntos de recarga múltiples como se puede ver en la figura 5.43.



Figura 5.42. Punto de recarga múltiple en SW Salmon St. [52]

Estas plazas de aparcamiento están reservadas para los vehículos que requieran ser recargados. El coste de la recarga es gratuito, pero se cobra por el estacionamiento 1,60 \$/h con un máximo de dos horas. Por ejemplo en SW Salmon St. hay 5 puntos de recarga y en total hay 2 conectores SAE J1772 para recargas en AC, 4 conectores CCS COMBO y 4 CHAdeMO para recargas en DC.

- **Carretera verde de la Costa Oeste:** La Columbia Británica está trabajando con Washington, Oregón y California para construir un corredor de VE que se extenderá desde Vancouver hasta San Diego. Ya está construida y en funcionamiento una columna vertebral de decenas de cargadores rápidos DC situados entre sí a una distancia de entre 40 y 80 km. Además hay situados en todo el recorrido miles de conectores de nivel 2.



Figura 5.43. Icono de la carretera verde de la costa oeste [53]

- **AeroVironment:** En Portland hay varios operadores que ofrecen sus servicios en otros estados, como son Blink, ChargePoint. Ser cliente de AeroVironment tiene un coste inicial de 15 \$ para activar la cuenta y luego ofrece dos tarifas: Tarifa ilimitada, donde el cliente puede hacer todas las recargas que necesite con un coste de 19,99 \$/mes y la otra tarifa es para usuarios que no utilicen mucho su VE y pagarán por cada sesión de recarga. Si se realiza una recarga rápida completa (DC) su coste es de 7,5 \$/sesión y si utiliza un cargador de nivel 2 (AC) su coste es de 4 \$/sesión.

6. Modelo de negocio para la ciudad de Barcelona

6.1. Identificación del negocio

El desarrollo completo de un modelo de negocio basado en el carsharing de vehículos eléctricos sería objeto de un proyecto extenso y que se centraría en este tema exclusivamente; la intención con este proyecto es sentar las bases de ese futuro proyecto después de la investigación, análisis de las tecnologías, normativas actuales y de la experiencia en infraestructuras y modelos de negocio existentes en otras ciudades del mundo.

El modelo de negocio que propongo para la ciudad de Barcelona, es un carsharing de turismos tipo utilitario eléctrico, que ofrezca a los ciudadanos un nuevo tipo de transporte respetuoso con el medio ambiente, que les permita utilizar un turismo cuando lo necesiten sin la necesidad de asumir costes como la adquisición, las revisiones, mantenimiento, consumo de carburante, impuestos, seguros, adquisición o alquiler de garaje privado... con la finalidad de reducir la cantidad de vehículos privados que circulan dentro de la ciudad, mejorar la calidad del aire, reducir las emisiones sonoras en la ciudad y facilitar la convivencia y la movilidad de los ciudadanos, todo ello a un coste muy competitivo.

Las características de funcionamiento del modelo de negocio que se propone para la ciudad de Barcelona, se han extraído después de analizar cada uno de los modelos de negocio basados en el alquiler de vehículos eléctricos y las infraestructuras que hay en diferentes ciudades del mundo, con la intención de implementar las mejores ideas y características de cada una de ellas.

La idea del modelo de negocio de carsharing es poder alquilar coches eléctricos por minutos o por día. Los vehículos estarían distribuidos por la ciudad de Barcelona y se podrían utilizar sin restricciones de área (fuera de la ciudad de Barcelona) pero al finalizar el trayecto se deberán dejar dentro de la ciudad de Barcelona en cualquier aparcamiento público en superficie (incluida zona azul y zona verde preferente).

Ser usuario de este servicio tendría un coste inicial de 4,54 € IVA incluido por la tarjeta de usuario RFID que permite identificar a cada usuario y da acceso al vehículo (igual que en el bicimg) y se ofrecerían dos tarifas: la primera sería para los clientes más habituales que tendría una cuota 29 €/año y un coste de 0,19 €/min y 59 €/día, y para los usuarios ocasionales o turistas no habría cuota anual y el precio de uso sería de 0,29 €/min y 69 €/día.

El número inicial de turismos eléctricos sería de 250 unidades y en función de la demanda se irían añadiendo más. Como en otras ciudades analizadas, el número de puntos de recarga ha de ser superior al número de vehículos eléctricos disponibles, así que inicialmente como en Barcelona hay 10 distritos, con un total de 75 barrios. La propuesta de modelo de negocio tendría 2 zonas de recarga en cada barrio, situadas en áreas concurridas y que estén a una distancia suficiente como para estar cercanas a todos los ciudadanos del barrio. En cada zona habría un poste de recarga con capacidad para recargar 2 vehículos eléctricos a la vez, lo que sumaría un total de 300 puntos de recarga, adicionales a los que hay actualmente.

6.2. Análisis de mercado

La situación actual de movilidad privada en la ciudad de Barcelona tiene un porcentaje muy elevado de desplazamientos realizados con vehículos de combustión interna, que son generadores de contaminación aérea y acústica, perjudicando la salud de los ciudadanos además de provocar otros problemas como la congestión del tráfico en hora punta, problemas de aparcamiento en zonas céntricas de la ciudad, etc.

Diversas grandes ciudades europeas ya han tomado medidas para restringir el uso de vehículos que usan combustibles fósiles y para ello han tenido que proponer algún nuevo servicio de transporte que cumpla con sus restricciones y que cubra la nueva demanda, o incluso permitir la gratuidad de los servicios públicos existentes en los días de mayor concentración de emisiones contaminantes. Actualmente el ayuntamiento de Barcelona ya se está planteando tomar medidas al respecto, por este motivo aparece la oportunidad de un nuevo tipo de transporte para esos ciudadanos que necesitan moverse por la ciudad de forma rápida y cómoda y que el transporte público actualmente no les ofrece o satisface.

La ciudad de Barcelona dispone de una gran variedad de medios de transporte públicos como son el autobús, metro, tren y tranvía, además del servicio de alquiler de bicicletas *bicing* y los taxis. Cada uno de ellos tiene sus ventajas y desventajas, pero a pesar de tener tanta variedad de transportes, el 26,1% de los desplazamientos se realizan en vehículos privados que funcionan con combustibles fósiles, que para ser más precisos representan 2.061.000 desplazamientos diarios.

En el momento que el ayuntamiento de Barcelona decida restringir de forma total o parcial el acceso a los vehículos de combustión interna, un porcentaje de esos desplazamientos deberá ser absorbido por los transportes existentes o crear un nuevo tipo de transporte que se asemeje más a sus hábitos actuales y que ofrezca propiedades diferentes a los transportes públicos disponibles.

Por este motivo hay la oportunidad de crear un modelo de negocio de carsharing que ofrezca a los ciudadanos la posibilidad de moverse por la ciudad igual como lo hacen actualmente utilizando un turismo, pero en este caso sería eléctrico. Se eliminaría la contaminación atmosférica local, se reduciría de forma importante las emisiones sonoras, ya que los vehículos eléctricos solo generan el ruido de rodadura de los neumáticos con el asfalto, el número de vehículos en circulación por la ciudad disminuiría, reduciendo el tráfico y permitiría a los futuros clientes del carsharing llegar incluso antes a su destino de lo que tardan actualmente.

Las debilidades que tiene este modelo de negocio son varias: una es la creación de la infraestructura necesaria para la recarga de los vehículos eléctricos que es costosa económicamente, ya que la existente actualmente es insuficiente. Otra debilidad sería la de competir con otras grandes empresas del sector del carsharing como son car2go, el grupo bolloré, avanzar... que disponen de mucha experiencia en varias ciudades de Europa y del resto del mundo y con una cartera de clientes muy grande y en caso de querer implantarse en Barcelona, parte de los turistas que serían posibles clientes, tal vez se decanten por estas empresas que son más conocidas para ellos.

Una amenaza puede ser la autonomía real actual de los turismos eléctricos en comparación con los turismos de combustión y que genere la sensación al cliente de ser insuficiente. Otra amenaza puede ser la subida de precio del kWh, ya que a pesar de que un pequeño porcentaje de la energía generada en España proviene del gas, carbón y petróleo, un incremento de estos combustibles afectaría negativamente en el precio de la electricidad.

Las fortalezas de este modelo de negocio también son varias: una es que a corto y medio plazo los vehículos eléctricos son los únicos que pueden solucionar el problema de la contaminación local en las grandes ciudades, ya que otras tecnologías como la pila de combustible son muy costosas a día de hoy y tecnológicamente aun se están investigando.

Las oportunidades que nos ofrece también son varias: una es que sería el primer modelo de negocio que introduciría el carsharing de turismos eléctricos en Barcelona y no tendría competidor. Consiguiendo una cuota de mercado inicialmente muy importante, que no se tendría si hubiera competencia.

Los objetivos del negocio son conseguir en el primer año más de 75.000 clientes, cubrir más de 10.000 desplazamientos diarios y hacerlo rentable antes de 2 años.

6.3. Perfil clientes

En Barcelona hay un censo de 1.604.555 habitantes y se realizan unos 6.500.000 de desplazamientos diarios, de los cuales 2.061.000 son realizados con vehículos privados. Nuestro perfil de clientes serán principalmente ciudadanos que les gusta moverse rápido y de forma cómoda de un punto de la ciudad a otra y que en la actualidad usan el coche privado porque los transportes públicos actuales no satisfacen sus necesidades.

Si comparamos las ventajas del carsharing eléctrico respecto a otros medios de transporte vemos que con el bus, tranvía, metro y tren hay que esperar unos minutos a que llegue, si es hora punta suelen ir llenos y no hay sitio para sentarse, en ocasiones hay que realizar trasbordo o combinarlo con otro medio de transporte para llegar al destino. Los autobuses principalmente tienen una velocidad comercial baja (12 km/h) debido al tráfico urbano. Si se decide por utilizar el bicíng suelen ser desplazamientos cortos y en zonas sin pendiente, en días de lluvia no es práctico y es más lento que ir en coche o moto. Si se usa el coche privado hay dificultad para encontrar aparcamiento y se debe pagar el estacionamiento en las zonas reguladas o en un garaje público. Y por último si se usa el taxi, suele ser por la necesidad de llegar rápido al destino o por el cierre del metro, tren y tranvía en horario nocturno y la poca cantidad de autobuses nocturnos disponibles. El coste del taxi es elevado.

Según datos publicados por el carsharing de Madrid Car2go (el único modelo de negocio de turismos eléctricos que hay en nuestro país a gran escala) en los primeros 7 meses de funcionamiento el servicio tenía 63.000 usuarios, de los cuales el 70% eran hombres y el 30% mujeres. Si se clasifican por edades el 16% de sus clientes tiene entre 18 y 25 años, el 36% tiene entre 26 y 35 años, el 31% tiene entre 36 y 49 años y un 17% tiene más de 50 años. Su usuario medio tiene 37 años, el usuario que utiliza el coche 4 veces a la semana tiene 34 años y el tiempo de uso medio es de 20 minutos. Las franjas horarias donde más se utilizan los coches son de 12h – 15h y de 18h – 21h.

Si se consideran estos datos como válidos para el estudio inicial del carsharing de Barcelona, y para acotar la edad de los clientes un poco más se consideran que van desde los 18 hasta los 65 años. Si vemos el censo por edades facilitado por el ayuntamiento de Barcelona, vemos que entre 18 y 25 años hay 120.955 personas, entre 26 y 35 años hay 239.442 personas, entre 36 y 49 años hay 359.145 personas y entre 50 y 65 años hay 316.655 personas. En total tenemos 1.036.197 personas como posibles clientes locales.

En el año 2015 Barcelona tuvo casi 9 millones de visitantes. Como se puede ver, el volumen que representan es realmente importante y se debería ofrecer alguna tarifa especial para este tipo de usuarios.

También se debe considerar como posibles clientes aquellos que a pesar de no desplazarse con un vehículo privado y de disponer de carnet de conducir, utilizan el taxi para moverse por la ciudad. Se utiliza la aplicación del AMB (Àrea Metropolitana de Barcelona) para calcular el coste de 3 trayectos realizados con taxi en día laborable y a las 10h (uno corto, otro de media distancia y otro más largo), y se van a comparar con el coste que tendría si se usara el carsharing que se propone.

Por ejemplo un desplazamiento corto desde plaza Cataluña hasta plaza de las Glorias, se recorren 2,67 km, tiene una duración de 7 minutos y el coste es de 7,15 €. El mismo trayecto con el carsharing de BCN tendría un coste de 1,33 € (ahorro de 5,82 €). Un trayecto de media distancia, por ejemplo desde el Hospital de Sant Pau, hasta la Estación de Sants, se recorren 5,96 km, tiene una duración de 17 minutos y el coste es de 13,05 €. El mismo trayecto con el carsharing tendría un coste de 3,23 € (ahorro de 9,82 €). Y un trayecto largo, como por ejemplo desde la Estación de Sants al paseo torras i bages Nº 20 de Barcelona, se recorren 9,2 km, tiene una duración de 29 minutos y el coste es de 20,95€. El mismo trayecto con el carsharing tendría un coste de 5,51 € (ahorro de 15,44 €). Se puede ver que el carsharing sería mucho más competitivo que el taxi.

Como resumen, el perfil típico de nuestros clientes será principalmente hombres entre 26 y 49 años, de clase media, que usan principalmente el coche privado o el taxi para moverse por Barcelona y que realizan trayectos medios de 20 minutos.

6.4. Infraestructuras

6.4.1. Puntos de recarga y VE

La elección de las características de los puntos de recarga es de gran importancia, porque además de suponer un coste importante de la inversión, marcará las limitaciones del servicio. Entre ellas hay varias decisiones a tomar, por ejemplo: El tipo de conector disponible en el poste de recarga, el número de conectores por poste, utilizar corriente alterna monofásica o trifásica y a que intensidad, posibilidad de recarga rápida en corriente continua, tiempo necesario para una recarga, vehículo utilizado, comunicación entre cliente y poste de recarga...

Después de ver los diferentes modelos de negocio de carsharing, por ejemplo los postes de recarga de autolib tienen 3 conectores, uno schuko, uno tipo 1 o SAE J1772 y uno tipo 3 o Scame (los dos últimos conectores tienen incorporada la manguera en el propio poste). Las recargas que ofrece son lentas o convencionales a 16 A máximo y 3 kWh, lo que supone tiempos de recarga cercanos a las 10 h en un coche de unos 30 kW de capacidad. Ofrecen 3 tipos de conectores porque permiten que usuarios privados que disponen de VE propio

puedan recargar en sus puntos de recarga teniendo la tarjeta autolib a un coste de 1€/h, aunque solo 1 usuario puede recargar a la vez por poste. Los conectores elegidos no son los más usuales, pero el motivo principal es que los VE franceses los utilizan y hay una gran demanda por los ciudadanos en comprar coches nacionales. El inconveniente de tener una potencia baja de 3 kWh les ha visto obligados a disponer de 4.000 puntos de recarga distribuidos por toda la ciudad para dar servicio a los 3.000 coches del modelo de negocio más al resto de clientes particulares, e imposibilita la recarga de 2 vehículos simultáneamente. El coche utilizado es el Bluecar, un utilitario de 2 puertas y 4 asientos, que tiene conector tipo 2 o SAE J1772, baterías de 30 kWh de capacidad, una autonomía de 250 en ciclo urbano y 3,65 m de longitud.

El otro gigante del negocio es Car2go que da servicio en 28 ciudades del mundo repartidas por 4 continentes. Dependiendo de la ciudad ofrece unos servicios y los costes son diferentes. Pero si nos centramos en los modelos de negocio de VE en Europa vemos que como coche usan un smart fortwo eléctrico, un utilitario de dos puertas y 2 asientos, que tiene como conector el estándar europeo el tipo 2 o Mennekes, baterías de 17,6 kWh de capacidad, que le dan una autonomía en ciclo de homologación de 145 km y mide 2,695 m de longitud. Los postes de recarga suelen tener una toma Mennekes a 22 kWh en AC y una Schuko a 3,7 kWh en AC.

A la hora de escoger el fabricante del vehículo eléctrico, de los postes de recarga o cualquier tipo de infraestructura o servicio necesario, una vez analizados los aspectos técnicos y a igualdad de propiedades técnicas, se ha decantado por empresas que tienen instalaciones en Barcelona o Catalunya, con la intención de favorecer al tejido industrial de nuestra ciudad o comunidad autónoma.

Sobre las características técnicas de los postes de recarga deben tener una estructura robusta, estar preparados para cualquier situación climática y ser resistentes a actos vandálicos. Los puntos de recarga serán de uso exclusivo para los turismos eléctricos del modelo de negocio, por este motivo solo tendrán un tipo de conector el tipo 2 o Mennekes (estándar europeo) y se recargará en modo 3. Cada poste se decide que tenga 2 conectores para permitir la recarga simultánea de 2 vehículos y dar mejor cobertura. Funcionarán con corriente alterna a 230 V y 32 A, es decir a 7,2 kW de potencia. Suficiente potencia como para recarga dos ve, cada uno a 16 A y 3,6 kW de potencia. Por ejemplo a un vehículo eléctrico que le quede un 15% de batería, recargarlo hasta el 80% se realizaría en unas 3h aproximadamente y permitirá un aumento de la durabilidad de la batería al recargarla a no muy alta potencia. Además deben tener reconocimiento de tarjeta RFID, contador de consumo, comunicación Ethernet y GPRS-3G. En caso de ser necesario una recarga rápida en DC, hay diversos puntos de recarga rápida instalados en Barcelona, pero inicialmente no se prevé el uso de ellos por parte de los vehículos eléctricos del carsharing.

El modelo escogido y que cumple todas estas características es el fabricado por la empresa CIRCUTOR, con sede en Viladecavalls, Barcelona. El modelo concreto es el RVE2-PM3 3G, que tiene un precio de 4.892,13 €.

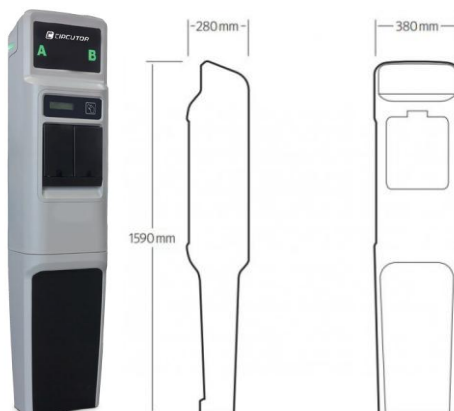


Figura 6.1. Poste de recarga RVE2-PM3 3G de Circutor [54]

A la hora de escoger el fabricante y modelo de turismo utilitario a utilizar en la ciudad de Barcelona, he decidido que debe cumplir unos requisitos básicos: el vehículo debe tener una longitud cercana a los 3,5 metros o inferior para facilitar su utilización y aparcamiento en una ciudad grande y con problemas de aparcamiento como Barcelona, tener 4 o 5 puertas y capacidad para al menos 4 ocupantes para diferenciarse y mejorar el servicio que ofrecen la mayoría de ciudades que tienen el Smart fortwo electric drive (solo 2 puertas y 2 ocupantes), tener uno de los menores consumos eléctricos del mercado, una autonomía superior a los 120 km, tener conector Mennekes y permitir realizar recargas rápidas en DC, tener una velocidad máxima de al menos 80 km/h para poder utilizar los vehículos por la ronda de dalt y del litoral y un precio final inferior a los 24.000 €. Hay parámetros que no son de obligado cumplimiento, pero que se valoran positivamente como es la capacidad de maletero, potencia, par motor, tiempo de recarga necesaria y peso del vehículo.

Después de analizar el mercado de utilitarios eléctricos, el que mejor cumple con estos requisitos es el VW e-up (no se fabrica en Barcelona, pero si la demanda es suficiente Seat ha confirmado que sacaría su homólogo, el Seat mii eléctrico). El VW e-up tiene un precio de 26.300 € que descontando la ayuda del plan Movea (5.500 €) su precio final sería de 20.800 € (pudiendo conseguir un descuento extra por ser coche emblema del carsharing de BCN y por un pedido elevado de vehículos). Además el e-up tiene una longitud de 3,54 metros, 5 puertas y 4 plazas, tiene el menor consumo eléctrico de la categoría 11,7 kWh/100km, una autonomía de 160 km (en el ciclo de homologación), una velocidad máxima de 130 km/h, un volumen de maletero de 250 litros, una potencia de 60 kW (82 CV), un par motor de 210 Nm y si la batería está agotada completamente necesita 6 h para recargarse completamente utilizando una potencia de 3,6 kW y si se recarga en DC a 40

kW (recarga rápida) se necesitan 50 minutos para recargar al 100% y 30 minutos para alcanzar el 80%, su peso es de 1.139 kg. Además VW ofrece garantía de la batería por 8 años o 160.000 km.



Figura 6.2. Restyling VW e-up! [55]

6.4.2. Localización puntos de recarga

La localización de los 150 postes de recarga con 300 conectores disponibles, se repartirán por los 75 barrios de Barcelona de la siguiente forma: dos postes de recarga por cada barrio y en cada poste se podrán recargar 2 vehículos eléctricos a la vez.

La localización de los postes de recarga serán principalmente en zonas de alta concurrencia, como pueden ser centros comerciales, estaciones de tren, grandes hospitales, estadios deportivos, mercados municipales, zonas turísticas... y distribuidos de forma que estén cercanos a todos los ciudadanos de ese barrio. Por ejemplo en el distrito de Nou Barris, en el barrio de Canyelles, la situación podría ser la siguiente:



Figura 6.3. Situación de los puntos de recarga en el barrio de Canyelles.

6.5. Funcionamiento y servicios

El funcionamiento es el siguiente: El usuario del carsharing puede acceder a la página web o a la app, desde su Smartphone, tablet o PC. Una vez registrado puede ver el mapa con la ubicación en tiempo real de todos los vehículos eléctricos disponibles. Al clicar sobre cada vehículo se descubre una pestaña pequeña con una foto del vehículo, su número de referencia (cada coche tendrá un número para diferenciarse del resto), datos como la capacidad de la batería [%], estado de la carga (cargando o desconectado) y su autonomía aproximada en kilómetros. Una vez elegido el vehículo que se quiere coger, se clica en reservar y se dispone de 10 min para llegar a él. Si pasa el tiempo estipulado y no se ha abierto, queda libre para otro usuario nuevamente.

Una vez localizado el vehículo reservado, el usuario debe comprobar primero que exteriormente no tiene desperfectos. Para abrir el coche se tiene que acercar la tarjeta RFID al parabrisas, el vehículo detecta al cliente y se abre, en este momento comienza a contar el tiempo. Si el coche se está cargando, se debe desconectar del poste de recarga por medio de la tarjeta de usuario RFID y guardar el cable de carga en el maletero. Si hay algún desperfecto en el exterior o interior se debe registrar en el libro de partes situado en la guantera.

Una vez dentro, para arrancar el vehículo tan solo hay que pulsar el botón start y ponerse en marcha. El vehículo incorporará una pantalla de GPS, además de ofrecer información del estado del vehículo y de la ubicación de los puntos de recarga. El usuario puede comunicarse en cualquier momento si fuera necesario con atención al cliente y con emergencias a través del manos libres. Si durante el trayecto el usuario quiere hacer una parada, puede hacerlo aunque el tiempo seguirá contando. Para cerrar y abrir el coche en estas paradas, se debe utilizar la llave que se encuentra en la guantera, al entrar de nuevo al vehículo debe dejar la llave en su lugar.

Al finalizar el viaje, si el porcentaje de carga de la batería es superior al 20% se puede aparcar en cualquier aparcamiento a pie de calle a excepción de la zona verde exclusiva para residentes. Si la carga de la batería se encuentra entre un 11 y 20% de su capacidad, hay la posibilidad de aparcarlo voluntariamente en un poste de recarga, en este caso se bonificará con 5 min extra de conducción. Si el nivel de la batería es inferior al 10% (autonomía aproximada de 14 km) el usuario está obligado a aparcarlo y conectarlo al punto de recarga más cercano a su destino (los cables de recarga se encuentran en el maletero). Al realizar esta operación se compensa con 5 minutos extra de conducción. Para cerrar el vehículo se pasa nuevamente la tarjeta de usuario RFID por el parabrisas y se finaliza el trayecto, quedando libre el coche para el siguiente cliente.

6.5.1. Mantenimiento

Es necesario disponer de un servicio de mantenimiento de la infraestructura de recarga. Para ello es necesario disponer de una plantilla calificada que sea capaz de reparar los puntos de recarga en caso de avería o externalizar este servicio a una empresa con experiencia en el sector.

También hay que hacer el mantenimiento de los vehículos, pasar las revisiones periódicas en el concesionario y tener un servicio de limpieza de los vehículos. Para este último punto hay empresas especializadas como Ecowash que se desplazan hasta donde está el vehículo y realizan la limpieza exterior e interior del vehículo, todo ello siendo respetuosos con la ecología y el medioambiente ya que no utilizan agua para la limpieza y los resultados son excelentes a un coste de 10,45€ limpieza exterior y 8 € la limpieza interior.

6.5.2. Control

Los vehículos están conectados y transmiten en tiempo real su localización, nivel de batería y estado de carga (cargando o desconectado) al centro de control.

Los puntos de recarga también están conectados e informan del estado en que se encuentran (libre o ocupado), así como de pasar información al centro de control de las lecturas de consumo, de que usuario ha conectado o desconectado un vehículo y que nivel de batería tenía el vehículo en ese momento. De esta forma se pueden conocer los costes y a qué hora se realizan las recargas y ver a que usuarios se les debe abonar los minutos de conducción por recargar los vehículos.

6.5.3. Gestión

La gestión de las recargas de los vehículos es un punto muy importante y que da problemas a muchas empresas de este sector. En el modo de funcionamiento descrito anteriormente se obliga al cliente a conectar el vehículo eléctrico a un poste de recarga cuando en nivel de la batería es inferior al 10% y de forma voluntaria si en nivel de la batería se encuentra entre el 10 y el 20% y a cambio es recompensado por ello con 5 minutos extra de conducción, esto hace que el personal encargado de la gestión de las recargas de los vehículos eléctricos sea innecesario, reduciendo de forma importante los coste de personal y pudiendo ofrecer el mismo servicio a un coste inferior.

En todos los modelos de negocio analizados es necesario un número de trabajadores que depende del volumen de vehículos disponibles y de la superficie de la ciudad, para mover los vehículos eléctricos con poca carga a los puntos de recarga (necesitando trabajadores en todos los turnos y vehículos extra para desplazarse por la ciudad).

Otro problema de gestión que hay en este tipo de modelos de negocio y común en el bicimg, es la falta de vehículos en algunas zonas de Barcelona o el exceso de concentración de vehículos en otras, pudiendo no satisfacer la demanda en esas zonas deficitarias de vehículos. Es un problema más agudo cuando se comience el negocio y no haya tantos vehículos. Para ello se necesita personal que redistribuya los vehículos y cubran la demanda.

La gestión económica estaría informatizada de forma que mensualmente se les pasaría a los usuarios un recibo domiciliado a la cuenta indicada en el momento del registro, con el coste generado en el mes anterior. Además en la página web y en la app tendrán acceso a los datos de sus trayectos (fecha del trayecto, hora del acceso, hora salida, tiempo y coste del trayecto), así como un extracto de sus facturas mensuales.

Al igual que el bicimg tiene a Vodafone como patrocinador a cambio de 4 millones de euros en 3 años, sería muy importante encontrar un patrocinador que comparta los valores de respeto por el medio ambiente y eficiencia energética y que además de aportar algún tipo de conocimiento o servicio al negocio ingrese un cantidad de dinero importante durante los primeros años de funcionamiento del negocio porque la inversión inicial es elevada.

6.5.4. Comunicación

En cuanto a la comunicación esta puede ser interna o externa. La interna debe ser tanto descendiente, como ascendente. La primera son las decisiones tomadas por los directivos y responsables que deben llegar hacia los trabajadores o grupos de trabajo. También es muy importante la comunicación ascendente, porque generalmente los trabajadores de atención al cliente y mantenimiento son los que tratan con los clientes y reciben las quejas, sugerencias de mejora y es importante que esta información llegue a los responsables del negocio.

Sobre la comunicación externa es de vital importancia que todos los trabajadores del carsharing estén familiarizados con la tecnología y conozcan aspectos técnicos y de funcionamiento de los vehículos eléctricos. Para ello es importante realizar cursos formativos teóricos y prácticos de forma ocasional y a poder ser haber probado antes de entrar a trabajar un vehículo eléctrico del carsharing para conocerlo realmente. Hoy en día es imprescindible además de tener página web, teléfonos y correos electrónicos de contacto y una oficina física, disponer de potentes canales de comunicación como son las redes sociales o portales de comunicación: Facebook, Twitter, un canal de youtube propio, instagram, Flickr, Snapchat...

6.5.5. Atención al cliente

Para poder ofrecer atención al cliente es necesario disponer de una oficina de igual modo que tiene el bicig. Además de este servicio se debería tener un teléfono y correo electrónico de información y consultas y otro para averías e incidencias. Además sería práctico tener un buzón de sugerencias para que los usuarios den sus ideas para mejorar el servicio.

6.5.6. Marketing

Antes de poner en funcionamiento el modelo de negocio es importante ejercer una fuerte campaña de marketing para dar a conocer el producto utilizado, el servicio que se ofrece y a que coste, para captar al máximo de clientes posible.

Para ello se deben utilizar los medios de comunicación más tradicionales que tienen un coste económico y permiten llegar a un público masivo, como puede ser la tv, radio, prensa escrita, carteles publicitarios, pero sin descuidar otros canales de comunicación gratuitos como son las redes sociales y portales digitales. También se puede montar algún stand con música moderna en zonas céntricas de la ciudad con varios vehículo eléctricos de muestra y un punto de recarga, para que los futuros usuarios puedan comprobar su funcionamiento y ver las ventajas de ser clientes de este nuevo transporte urbano.

6.6. Estudio económico

Para poder realizar el estudio económico se ha supuesto las siguientes condiciones y costes: 30.000 usuarios desde el primer mes, hasta los 70.000 al finalizar el año, 500 € instalar un poste de recarga, una plantilla de 30 trabajadores con un sueldo medio de 2.000 € (coste empresa), coste de 1 € por cada tarjeta RFID, 250 € revisión anual por vehículo, 300 €/mes mantenimiento postes de recarga, coste de 0,08 €/kWh, 300 €/coche seguro, 2 recorridos semanales de media por usuario con una duración de 20 min cada uno, velocidad media de los vehículos eléctricos de 20 km/h, consumo eléctrico del coche de 13 kWh y préstamo inicial de 6,2 millones de euros a devolver en 3 años a un interés del 5%.

Se inicia con 250 vehículos eléctricos y 150 postes de recarga y según el balance en el décimo mes se podrían adquirir 100 vehículos eléctricos más y se instalan otros 150 puntos de recarga.

Tesorería	mes 1	mes 2	mes 3	mes 4	mes 5	mes 6	mes 7	mes 8	mes 9	mes 10	mes 11	mes 12
INGRESOS	0	-5.370.728	-4.782.590	-4.045.791	-3.240.013	-2.307.621	-1.304.110	-227.198	920.114	2.137.826	776.721	2.081.369
Carsharing		912.000	1.124.800	1.307.200	1.398.400	1.550.400	1.641.600	1.732.800	1.824.000	1.915.200	1.976.000	2.036.800
Cuota anual	870.000	203.000	174.000	87.000	145.000	87.000	87.000	87.000	87.000	58.000	58.000	87.000
Tarjeta RFID	136.200	31.780	27.240	13.620	22.700	13.620	13.620	13.620	13.620	9.080	9.080	13.620
Subvención Compra coches	1.375.000									550.000		
Subvención infraestructura	300.000									300.000		
TOTAL INGRESOS	2.681.200	-4.223.948	-3.456.550	-2.637.971	-1.673.913	-656.601	438.110	1.606.222	2.844.734	4.970.106	2.819.801	4.218.789
PAGOS												
Compra coches	6.575.000									2.630.000		
Compra puntos de recarga	733.820									733.820		
Instalación puntos de recarga	75.000									75.000		
Alquiler oficina	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Compra tarjetas RFID	30.000	7.000	6.000	3.000	5.000	3.000	3.000	3.000	3.000	2.000	2.000	3.000
Revisiones coches												62.500
Limpieza coches	4.613	4.613	4.613	4.613	4.613	4.613	4.613	4.613	4.613	6.458	6.458	6.458
Seguro Coches	75.000									30.000		
Mantenimiento infraestructura	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Coste electricidad	208.000	256.533	298.133	318.933	353.600	374.400	395.200	416.000	436.800	450.667	464.533	485.333
Publicidad	30.000	30.000	20.000	15.000	10.000	5.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000
Material oficina	60.000											
Gastos personal	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000	60.000
Gastos financieros (intereses)	8.611	8.611	8.611	8.611	8.611	8.611	8.611	8.611	8.611	8.611	8.611	8.611
Devolución del préstamo	172.222	172.222	172.222	172.222	172.222	172.222	172.222	172.222	172.222	172.222	172.222	172.222
Compensación recargas	7.363	7.363	7.363	7.363	7.363	7.363	7.363	7.363	7.363	10.308	10.308	10.308
Otros gastos	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000
TOTAL PAGOS	8.051.928	558.642	589.242	602.042	633.708	647.508	665.308	686.108	706.908	4.193.385	738.432	822.732
SALDO TESORERIA	-5.370.728	-4.782.590	-4.045.791	-3.240.013	-2.307.621	-1.304.110	-227.198	920.114	2.137.826	776.721	2.081.369	3.396.058

Tabla 6.1. Balance económico del primer año de funcionamiento (cantidades expresadas en €)

6.7. Razones que favorecen el proyecto

Algunas grandes ciudades Europeas ya han prohibido o restringido el acceso a los vehículos que utilizan combustibles fósiles y la ciudad de Barcelona en poco tiempo deberá tomar medidas en este sentido si quiere reducir el número de vehículos en circulación y mejorar la calidad del aire.

La entrada en vigor de esas restricciones acompañadas de un nuevo transporte basado en el carsharing de turismos eléctricos sería algo novedoso para la ciudad y ayudaría a conseguir los objetivos, además de informar a todos los ciudadanos de las características y beneficios de usar los vehículos eléctricos e incluso incentivar la compra privada.

Barcelona es una ciudad moderna, los ciudadanos tienen una mentalidad abierta, son conscientes del cambio climático y cualquier solución que mejore la calidad de vida y les facilite el movimiento por la ciudad seguro que tiene un gran acogimiento.

6.8. Condicionantes

6.8.1. Normativa

El uso de Vehículos eléctricos aunque representa un porcentaje muy pequeño, se ha empezado a construir la infraestructura necesaria para su recarga. Hasta hace bien poco en España no había normativa específica sobre la infraestructura de recarga, así que cualquier modificación futura de las normativas Españolas y Europeas requerirá una adaptación de estos puntos, con el correspondiente sobre coste económico.

6.8.2. Evolución tecnológica

Al ser un mercado en expansión hay muchas inversiones en I+D+i, que tal vez en unos años las tecnologías actuales de recarga queden obsoletas y haya que adaptarlas.

Por ejemplo las recargas podrían ser por inducción magnética, lo que sería más cómodo para el usuario y no tendría que hacer todo el procedimiento actual para conectar y desconectar el vehículo eléctrico.

6.8.3. Competitividad con otras tecnologías

Otro condicionante es la competitividad con otras tecnologías que actualmente están en una situación menos evolucionada y más costosa que los vehículos eléctricos, pero que en un futuro pueden ser una alternativa, como pueden ser los vehículos de pila de combustible o de hidrógeno, de aire comprimido o incluso que funcionan con agua de mar.

6.8.4. Situación económica actual

Los precios elevados que ha alcanzado el petróleo y la situación de recesión económica mundial actual han sido los detonantes para impulsar vehículos alternativos a los diesel y gasolina, que sean más eficientes y económicos. Hay la posibilidad que ante una recuperación de la economía mundial y un abaratamiento prolongado del petróleo, el proyecto de los vehículos eléctricos se ralentice como ha sucedido décadas atrás.

6.9. Efectos inducidos

6.9.1. Sobre la movilidad en Barcelona

Al poner en funcionamiento un modelo de negocio de carsharing utilizando turismos eléctricos, se reducirá el número de vehículos privados en circulación por Barcelona. Esto tendrá un impacto positivo sobre el tráfico, reduciendo los atascos, favoreciendo que la velocidad comercial del resto de vehículos sea relativamente mayor, lo que se traduce en una reducción de tiempo en los desplazamientos. Además al reducir el número de vehículos privados en circulación por el centro de la ciudad, también habrá mayor facilidad para encontrar aparcamiento en zonas reguladas de pago.

6.9.2. Sobre el sistema energético

Al pasar a utilizar vehículos eléctricos en lugar de vehículos que funcionan con combustibles fósiles, se tendrá un aumento de la demanda de la energía eléctrica. Se debe asegurar que dicha demanda es posible satisfacerla y que la infraestructura eléctrica actual (centrales eléctricas, transformadores, líneas eléctricas...) también es capaz de asumir este aumento de la demanda. Los vehículos eléctricos deberán ser recargados principalmente en horario de baja demanda energética (horas valle), aunque también hay la posibilidad de recargas puntuales en horas de alta demanda energética (horas punta).

6.9.3. Sobre el medio ambiente y la salud

Al aumentar el uso de vehículos eléctricos en lugar de vehículos que funcionan con combustibles fósiles, se reducirán las emisiones locales de gases contaminantes en la ciudad y también se reducirán de forma notable la contaminación acústica que generan estos vehículos. Todo esto repercutirá positivamente en la salud y estado de ánimo de los barceloneses.

Si hablamos del medio ambiente, aunque localmente no se emitan gases contaminantes, el aumento de la demanda energética a nivel nacional por el uso de vehículos eléctricos ha de cubrirse principalmente con energía generada por fuentes renovables o que no generen gases contaminantes, como pueden ser las centrales nucleares. Afortunadamente en España tenemos un mix energético “bastante verde” y durante el año 2015 el 59,1% de la energía generada no emitió gases contaminantes a la atmosfera.

7. Presupuesto

Como ayuda para realizar el presupuesto se utiliza un diagrama de Gantt para representar el tiempo destinado aproximadamente a cada capítulo del proyecto final de carrera.

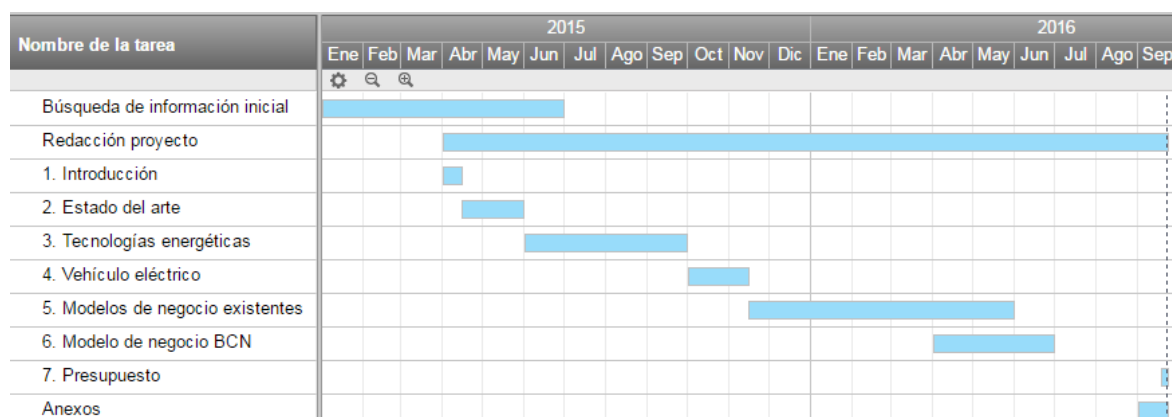


Figura 7.1. Diagrama de Gantt del tiempo destinado a cada capítulo del PFC

Los costes del proyecto se han desglosado en dos conceptos: recursos humanos y recursos materiales.

Concepto	Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Recursos Humanos	Supervisión proyecto	10 h	60 €/h	600 €
	Investigación	550 h	30 €/h	16.500 €
	Redactado proyecto	90 h	20 €/h	1.800 €
Recursos Materiales	Desplazamiento en vehículo privado	100 km	0,20 €/km	20 €
	Desplazamiento en transporte público	1 T-10	9,95 €/T-10	9,95 €
	Impresión y encuadernación	3 unidades	30 €/u	90 €
TOTAL				19.019,95 €

Tabla 7.1. Presupuesto de la elaboración del PFC

Conclusiones

La realización de este proyecto pretende encontrar un modelo de negocio que solucione el problema de movilidad y contaminación que hay actualmente en la ciudad de Barcelona, debido al uso de vehículos que utilizan combustibles fósiles y que es común en muchas grandes ciudades Europeas y del resto del mundo.

Una vez analizados los vehículos causantes del problema y visto todas las alternativas energéticas viables en la actualidad en el sector del transporte, se comprueba que los vehículos 100% eléctricos son la mejor opción.

Sin embargo las ayudas para incentivar la compra de vehículos eléctricos en España no son las correctas. Se destinan recursos económicos a la compra de vehículos que siguen contaminando, como son los de GNC, GLP e híbridos. Según mi opinión solo se debería incentivar a los vehículos que no contaminen localmente como son los 100% eléctricos y los de hidrógeno.

Si el ayuntamiento de Barcelona desea retirar progresivamente de la circulación a los vehículos de gasolina y especialmente los diesel, además de tomar medidas para restringir su acceso, debe proponer al mismo tiempo soluciones de movilidad para los poseedores de dichos vehículos. La puesta en marcha del carsharing de coches eléctricos sería la solución perfecta, ya que además de solucionar los problemas iniciales de tráfico y contaminación aérea y acústica, reduciría el número de vehículos en Barcelona pudiendo recuperar espacio para el ciudadano, como es el ejemplo actual de las superillas. No obstante, debería ir acompañado de más incentivos, como por ejemplo la creación de una nueva zona de aparcamiento “cero emisiones” (además de la zona reguladas azul y verde) que sea de uso exclusivo para vehículos 100% eléctricos.

El uso compartido de coches eléctricos ya es una realidad en muchas ciudades del mundo y Barcelona debería seguir el ejemplo y promover este tipo de modelo de negocios que tan buenos resultados está dando y que además son rentables económicamente.

Agradecimientos

Quiero agradecer especialmente a mi director de PFC el Sr. Emilio, Hernández Chiva por todos los consejos que me ha dado, la información facilitada al inicio del proyecto, todo el tiempo que me ha dedicado y los conocimientos aportados gracias a la realización de este proyecto.

También quiero agradecer a toda mi familia en especial a mis padres, por el apoyo dado durante todos estos años. También quiero agradecer a mi pareja por su apoyo y comprensión durante todo este tiempo y más aun durante estos últimos meses.

También quiero agradecer a diferentes personas que me han aportado información y/o consejos como son: Albert, Ballbé de la Fundació RACC y Jesús, López Sol de ECOWASH Terrassa.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

- [1] REE. Avance del informe del sistema eléctrico Español 2015.
[<http://www.ree.es/es/publicaciones/sistema-electrico-espanol/informe-anual/avance-del-informe-del-sistema-electrico-espanol-2015>, 16 de enero de 2016]
- [2] EXPANSION / DATOSMACRO.COM. Precio del petróleo OPEP por barril.
[<http://www.datosmacro.com/materias-primas/opec>, 9 de abril de 2016]
- [3] MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACION Y MEDIO AMBIENTE. Etiquetado energético de vehículos.
[http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/medio-ambiente-urbano/etiquetado_energetico_automoviles_tcm7-3701.pdf, 9 de abril de 2016]
- [4] TWENERGY. Las emisiones contaminantes de los coches.
[<http://twenergy.com/a/las-emisiones-contaminantes-de-los-coches-605>, 4 de Octubre de 2015]
- [5] PUNTOS DE RECARGA. Programa de pruebas Honda en sus modelos eléctricos.
[<http://www.puntosderecarga.eu/2011/01/honda-comienza-un-programa-de-pruebas.html>, 6 de octubre de 2015]
- [6] ALROMAR ENERGIAS DEL FUTURO. Primera estación eólica de recarga.
[<http://www.alromar-energia.es/blog/estacion-eolica-integrada-de-recarga-de-vehiculos>, 6 de octubre de 2015]
- [7] WIKIPEDIA. Ciclo de 4 tiempos.
[https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_cuatro_tiempos, 8 de octubre de 2015]
- [8] UNIVERSIDAD DE SEVILLA. Departamento de física aplicada III, ciclo otto.
[http://laplace.us.es/wiki/index.php/Ciclo_Otto, 8 de octubre de 2015]
- [9] AGAS21 AGIRA EUROPA. Así funciona un coche a gas natural comprimido.
[<http://www.agas21.com/spa/item/ART00025.html>, 9 de Octubre de 2015]

- [10] EL PAÍS. Coche eléctrico.
[<http://blogs.elpais.com/coche-electrico/2014/02/gas-natural-de-la-vivienda-al-automovil.html>, 13 de octubre de 2015]
- [11] LINKEDIN SLIDESHARE. Obtención de etanol a partir de papel de recicló.
[<http://es.slideshare.net/chemistrypaper/obtcincin-de-etanol-a-partir-de-papel-de-reciclo-14225089>, 16 de octubre de 2015]
- [12] OLIMPIADAS NACIONALES DE CONTENIDOS EDUCATIVOS EN INTERNET. El hidrógeno combustible.
[<http://www.oni.escuelas.edu.ar/2006/GCBA/1233/html/media/hidrogenocombustible.pdf>, 21 de octubre de 2015]
- [13] ECCONEX. Coches eléctricos.
[<http://www.econex.com/revista/03-2012/coches-motos-electricos-hibridos.html>, 23 de octubre de 2015]
- [14] OPEL ESPAÑA. Opel Ampera.
[<http://www.opel.es/vehiculos/coches-opel/vehiculos-de-pasajeros-opel/ampera/gallery-downloads/exterior-views.html>, 27 de octubre de 2015]
- [15] NOTICIASCOCHE.S.COM. Toyota Prius 2016
[<http://noticias.coches.com/noticias-motor/nuevo-toyota-prius-2016/183652>, 2 de noviembre de 2015]
- [16] COCHES.NET. Mitsubishi Outlander PHEV 2016.
[<http://www.coches.net/nuevo-mitsubishi-outlander-phev-2016>, 2 de noviembre de 2015]
- [17] IDAE. Guía del vehículo eléctrico para flotas.
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_12144_G003_VE_para_flotas_2012_f3176e30.pdf, 17 de mayo de 2016]
- [18] GENERALITAT DE CATALUNYA. Factor de emisión asociado a la energía eléctrica.
[http://canviclimatic.gencat.cat/es/reduex_emissions/factors_demissio_associats_a_lenergia, 17 de mayo de 2016]
- [19] WIKIPEDIA. La jamais contente.
[https://es.wikipedia.org/wiki/La_Jamais_Contente, 4 de noviembre de 2015]

- [20]** ELECTROMOVILIDAD. Conectores para la recarga del vehículo eléctrico.
[<http://electromovilidad.net/conectores-para-la-recarga-del-vehiculo-electrico>, 9 de noviembre de 2015]
- [21]** PHOENIX CONTACT. Conectores E-Movility.
[https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es?1dmy&urile=wcm:path:/eses/web/main/products/subcategory_pages/e-mobility_plug-in_connectors_p-20-12/df8e2122-37ca-4529-8a17-ed17e8eba258, 13 de noviembre de 2015]
- [22]** GO ELECTRIC STATIONS. Conectores.
[<https://goelectricstations.com/connectors-info.html>, 13 de noviembre de 2015]
- [23]** MOTORPACIONFUTURO. Tipos de conectores, tipos de recarga y modos de carga.
[<http://www.motorpasionfuturo.com/coches-electricos/tipos-de-conectores-tipos-de-recarga-y-modos-de-carga>, 17 de noviembre de 2015]
- [24]** MOVILIDAD ELECTRICA. Los detalles del nuevo plan MOVEA 2016.
[<http://movilidadelectrica.com/plan-movea-2016-2>, 16 de mayo de 2016]
- [25]** REE. Curva de precios PVPC
[<https://www.esios.ree.es/es/pvpc>, 16 de mayo de 2016]
- [26]** SERVEI CATALÀ DE TRÀNSIT. Carril bus-VAO.
[http://transit.gencat.cat/ca/informacio_viaria/carril_bus_vao, 18 de mayo de 2016]
- [27]** ELDIARIO.ES. BiciMAD.
[http://www.eldiario.es/interferencias/madrid-bicimad-urbanismo-movilidad_6_275132500.html, 23 de noviembre de 2015]
- [28]** EL CONFIDENCIAL. CAR2GO Madrid.
[http://www.elconfidencial.com/motor/2015-11-12/el-alquiler-de-coches-por-minutos-llega-a-madrid-con-car2go_1092986, 23 de noviembre de 2015]
- [29]** INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. EVCityCasebook 2012.
[<https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EVCityCasebook.pdf>, 23 de noviembre de 2015]
- [30]** ELECTROMAPS. Puntos de recarga.
[http://www.electromaps.com/puntos-de-recarga/7601_passeig-de-gracia-trio-fc010, 1 de diciembre de 2015]

- [31] IFRENTING.
[<http://www.ifrenting.com/que-es-ifrenting-pedreira>, 2 de diciembre de 2015]
- [32] HIBRIDOS Y ELECTRICOS. eCooltra.
[<http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/motocicletas-electricas/barcelona-tendra-flota-250-motos-electricas-alquiler-minutos/20160211110355010971.html>, 12 de febrero de 2016]
- [33] EL PERIODICO. Bicing.
[<http://www.elperiodico.com/es/graficos/barcelona/bicing-bici-electrica-barcelona-bicicleta-5130>, 12 de febrero de 2016]
- [34] AUTOLIB. Tarifas para profesionales.
[<https://www.autolib.eu/fr/entreprise-menu/tarifs-pro>, 19 de septiembre de 2016]
- [35] GEMEENTE AMSTERDAM. Puntos de recarga.
[<https://www.amsterdam.nl/parkeren-verkeer/amsterdam-elektrisch/kaart-oplaadpunten>, 10 de diciembre de 2015]
- [36] WIKIMEDIA COMMONS. Car2Go Ámsterdam.
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Car2Go_Amsterdam_Smart_ED_Herengracht.JPG, 10 de diciembre de 2015]
- [37] VDL BUS&COACH. Autobús eléctrico.
[<http://www.vdlbuscoach.com/News/News-Library/2015/Megaorder-elektrische-Citeas-voor-VDL-Bus---Coach.aspx>, 14 de enero de 2016]
- [38] FLICKRHIVEMIND. Flinkster.
[<http://flickrhivemind.net/Tags/flinkster/Interesting>, 18 de enero de 2016]
- [39] UPPLADDNING. Punto de recarga Estocolmo.
[<http://www.uppladdning.nu/SiteDetail.aspx?id=5457bff7-b1df-441d-8edb-00b9b86b0c68&ln=sv>, 27 de enero de 2016]
- [40] EKORENT.
[<http://ekorent.fi/fi>, 4 de febrero de 2016]
- [41] CHARGE YOUR CAR. Puntos de recarga UK.
[<http://chargeyourcar.org.uk>, 10 de febrero de 2016]

- [42]** TRANSPORT FOR LONDON. London travel demand survey.
[<https://tfl.gov.uk/corporate/publications-and-reports/london-travel-demand-survey>, 12 de febrero de 2016]
- [43]** UK INVESTOR MAGAZINE. E-car club.
[<http://ukinvestormagazine.co.uk/e-car-club-buyout-spells-good-news-for-crowdfunding-sector>, 27 de mayo de 2016]
- [44]** BusinessCar. Bluecity.
[<http://www.businesscar.co.uk/analysis/2016/londons-charging-network-expansion-plans-and-electric-car-sharing-growth>, 27 de mayo de 2016]
- [45]** CAPTAINSVOYAGE FORUM. Ampere.
[<http://www.captainsvoyage-forum.com/forum/windjammer-bar-maritime-interest/general-maritime-interest-from-cruise-to-the-mercantile-marine-and-all-ships-between/427-world-s-car-ferries/page131>, 23 de febrero de 2016]
- [46]** PLUGSHARE. Puntos de recarga islas Goto
[<http://www.plugshare.com>, 10 de marzo de 2016]
- [47]** JIADING DISTRICT, SHANGHAI. EVCARD.
[http://english.jiading.gov.cn/2015-01/26/content_19410183.htm, 22 de marzo de 2016]
- [48]** CHARGEPOINT. Puntos de recarga New York City.
[https://na.chargepoint.com/charge_point, 25 de marzo de 2016]
- [49]** IMPACTO NEW YORK. Taxi Nissan NV200.
[<http://www.impactony.com/tag/taxi-del-manana/#sthash.8IXsUL8K.dpbs>, 26 de marzo de 2016]
- [50]** BLINKNETWORK. Puntos de recarga en Los Ángeles.
[<http://www.blinknetwork.com/index.html>, 8 de abril de 2016]
- [51]** CLEAN TECNICA. Punto de recarga aeropuerto de Portland.
[<http://cleantechnica.com/2015/08/19/portland-airport-gets-record-number-of-ev-charging-stations>, 13 de abril de 2016]
- [52]** CHARGED ELECTRIC VEHICLES MAGAZINE. Portland's electric avenue.
[<https://chargedevs.com/newswire/portlands-electric-avenue-is-back-better-than-ever>, 13 de abril de 2016]

[53] WEST COAST GREEN HIGHWAY.

[<http://www.westcoastgreenhighway.com/electrichighway.htm>, 13 de abril de 2016]

[54] CIRCUTOR. Poste de recarga semi-rápida para exterior.

[http://circuitor.es/docs/FT_RVE2-P_SP.pdf, 6 de junio de 2016]

[55] MOTORPASION. VW e.up.

[<http://www.motorpasion.com/volkswagen/volkswagen-e-up-2016>, 18 de septiembre de 2016]